



LISBON
SCHOOL OF
ECONOMICS &
MANAGEMENT
UNIVERSIDADE DE LISBOA

MESTRADO
GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO
DISSERTAÇÃO

**PRÁTICAS LEAN E DE MANUFATURA SUSTENTÁVEL NAS
PMES PORTUGUESAS**

JOÃO TIAGO DA SILVA PARDAL NETO

OUTUBRO - 2019

MESTRADO EM GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO DISSERTAÇÃO

PRÁTICAS LEAN E DE MANUFATURA SUSTENTÁVEL NAS
PMES PORTUGUESAS

JOÃO TIAGO DA SILVA PARDAL NETO

ORIENTAÇÃO:

PROFESSORA DOUTORA GRAÇA MARIA DE OLIVEIRA
MIRANDA SILVA

OUTUBRO - 2019

AGRADECIMENTOS

Começo por agradecer à Professora Doutora Graça Silva, pela sua ajuda e por me ter ajudado a não desistir.

Agradecer a todos os meus colegas de curso que contribuíram para que em conjunto, fosse possível aprender e conhecer novas formas de pensar.

Agradeço a todos os meus amigos.

Um especial agradecimento ao meu irmão, que sem ele nos últimos tempos este trabalho não seria possível.

Aos meus pais, que em tantas jornadas me têm acompanhado, um muito obrigado.

RESUMO

São vários os desafios que as empresas enfrentam nos dias de hoje. Além dos resultados operacionais comuns e transversais a todas as empresas, com o aumento da procura por produtos e serviços mais ecológicos, a degradação do meio ambiente e o cumprimento de regulamentações governamentais, existe a necessidade de implementar estratégias que sejam compatíveis com a preservação do meio ambiente, tornando as decisões operacionais cada vez mais complexas. Nesse sentido, a implementação de práticas *lean* e *green* de manufatura têm sido amplamente discutidas na literatura.

Este estudo pretende avaliar o efeito destes dois tipos de práticas na performance operacional e ambiental. As práticas de manufatura sustentável analisadas foram as relacionadas com o desenvolvimento e *design* dos produtos, com os processos de produção, com a gestão ambiental da cadeia de abastecimento e com a gestão ambiental de fim de ciclo de vida dos produtos. As práticas *Lean* estudadas foram relacionadas com fornecedores, clientes, produção, produção puxada, fluxo contínuo, *setup*, envolvimento dos empregados e manutenção preventiva. Neste caso, não foi avaliado o efeito individual de cada uma das práticas na performance. Foi igualmente avaliado o efeito da performance ambiental na performance operacional.

O modelo conceptual proposto foi testado utilizando 426 respostas a um questionário aplicado online às PME's portuguesas de manufatura.

Os resultados obtidos demonstraram que as práticas *lean*, têm um efeito positivo e significativo na performance operacional. No entanto, o efeito destas práticas na performance ambiental não se mostrou significativo. Das quatro práticas de manufatura sustentável estudadas, nenhuma apresentou uma relação positiva e significativa com ambas as performances estudadas. As práticas sustentáveis relacionadas com o desenvolvimento e *design* dos produtos foram as únicas que mostraram ter um efeito positivo e significativo na performance operacional. Por outro lado, as práticas sustentáveis relacionadas com os processos de produção, com a gestão ambiental da cadeia de abastecimento e com a gestão ambiental no fim de ciclo de vida dos produtos, tiveram um efeito positivo e significativo na performance ambiental. A

performance ambiental mostrou também ter um efeito positivo e significativo na performance operacional.

Palavras-chaves: *Lean manufacturing*, *green manufacturing*, práticas *lean*, práticas de manufatura sustentável; performance ambiental; performance operacional

ABSTRACT

There are many challenges that companies face today. Beyond the common operational and transverse results to all companies, with an increase demand for greener products and services, environmental degradation and compliance with usage regulations, there is a need to implement environmentally friendly applications, making operational decisions increasingly complex. In this sense, an implementation of lean and green manufacturing practices have been widely discussed in the literature.

This study proposes to evaluate the effect of these two types of practices in operational and environmental performances. The sustainable manufacturing practices analysed were related to sustainable product design and development, sustainable manufacturing process, sustainable supply chain management and sustainable end-of-life management. The Lean practices studied were related to suppliers, customers, pull practices, continuous flow, setup, statistical process control, employee involvement and preventive maintenance. In this case, the individual effect of each of the practices on performance was not evaluated. The effect of environmental performance on operational performance was also assessed.

The proposed conceptual model was obtained from 426 responses to a questionnaire applied online to Portuguese SMEs.

The results showed that lean manufacturing practices had a significant positive effect on operational performance. However, the effect of these practices on environmental performance was not significant. The four sustainable manufacturing practices studied, none of them showed a significant positive relationship in both studied performances. Sustainable practices related to product development and design were the only practices that had a significant positive effect on operational performance. On the other hand, sustainable practices related to production processes, supply chain environmental management and end-of-life environmental management of products had a significant positive effect in the environmental performance. Environmental performance also had a significant positive effect in the operational performance.

Keywords: Lean manufacturing, green manufacturing, lean practices, green practices; environmental performance; operational performance

ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iv
Lista de Tabelas	viii
Lista de Figuras	ix
Simbologia e Notação	x
1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	3
2.1. <i>Lean Manufacturing</i>	3
2.2. <i>Green Manufacturing</i>	6
2.3. <i>Lean e Green Manufacturing</i>	9
2.4. Hipóteses de Investigação	12
2.4.1. <i>Lean Manufacturing</i>	12
2.4.2. Práticas sustentáveis de desenvolvimento e <i>design</i> dos produtos	14
2.4.3. Práticas de produção sustentável	16
2.4.4. Práticas de Gestão Ambiental da Cadeia de Abastecimento	17
2.4.5. Práticas de gestão ambiental de fim de ciclo de vida dos produtos	18
2.4.6. Efeito da performance ambiental na performance operacional.....	20
3. Metodologia	21
3.1. Seleção da amostra	21
3.2. Questionário	22
3.2.1 Envio e Acompanhamento do questionário	23
3.3. Definição e operacionalização das variáveis do modelo	24
4. Análise e Discussão de Resultados	27
4.1. Caracterização da Amostra Final.....	27
4.1.1. Certificação	28
4.1.2. Caracterização dos respondentes	29
4.2. Estimação do modelo	30
4.2.1. Modelo de medida	30
4.2.2. Modelo Estrutural.....	32

5. Conclusões.....	34
Referências Bibliográficas	39
Anexos	50
Anexo A: Corpo do 1º Email	50
Anexo B: Corpo do Email do 1º <i>Follow-Up</i>	51
Anexo C: Corpo do Email do Último <i>Follow-Up</i>	52
Anexo D: Escalas de Medida	53

LISTA DE TABELAS

Tabela I - Etapas de envio e acompanhamento do questionário.....	24
Tabela II - Número de colaboradores da amostra final	27
Tabela III - Volume de vendas das empresas	28
Tabela IV - Estado atual face à certificação ISO 9001 e ISO 14001	28
Tabela V - Função atual exercida pelo respondente	29
Tabela VI - Matriz de correlações.....	31
Tabela VII - Coeficientes estimados (β) e estatística T para as relações	33

LISTA DE FIGURAS

Figura I - Modelo conceptual	21
------------------------------------	----

SIMBOLOGIA E NOTAÇÃO

AVE – *Average Variance Extracted* (Variância Média Extraída)

CAE-Rev.3 - Classificação Portuguesa de Atividades Económicas, Revisão 3

CMB – *Common Method Bias*

CR – *Composite Reliability*

HRM - Human Resource Management (Gestão de recursos humanos)

JIT – *Just-in-Time*

PDCA - *Plan – Do – Check – Act cycle* (ciclo de desenvolvimento que tem foco na melhoria contínua)

SGA - Sistema de Gestão Ambiental

SMED – *Single Minute Exchange of Dies*

TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção produtiva Total)

TPS – *Toyota Production System*

TQM - *Total Quality Management* (Gestão da Qualidade Total)

VSM – *Visual Stream Mapping* (Mapeamento do Fluxo de Valor)

1. INTRODUÇÃO

As empresas procuram sistematicamente alcançar novas formas de melhorar a sua performance e ganhar uma vantagem competitiva (Zhang, Linderman & Schroeder, 2012) para gerar valor para os seus produtos e serviços, indo ao encontro das necessidades dos clientes.

A emergência de novas pressões sociais e governamentais têm vindo a alterar a forma como as empresas geram valor. As alterações climáticas, a escassez de recursos, o aumento da poluição e dos custos de energia, são alguns dos problemas que a sociedade enfrenta atualmente (Cherrafi, Elfezazi, Chiarini, Mokhlis & Benhida, 2016). Nesse sentido, existe uma maior consciencialização e preocupação com as questões ambientais por parte dos consumidores que passaram a procurar produtos e serviços mais ecológicos (Moktadir, Rahman, Rahman, Ali & Paul, 2018). A crescente degradação do meio ambiente, justificou a coordenação ao nível internacional de políticas e regulamentações ambientais, assim, as atividades das empresas estão nos dias de hoje sujeitas a um maior controlo por parte de entidades governamentais. Desta forma, as empresas têm assumido um papel proativo na preservação do meio ambiente (Garza-Reyes, 2015).

As empresas do sector da manufatura, embora as suas atividades tenham um impacto negativo no meio ambiente devido ao elevado consumo de energia, à utilização de recursos naturais e à elevada quantidade de desperdício e poluição que geram (Gbededo, Liyanage & Garza-Reyes, 2018), são igualmente quem mais contribui para o desenvolvimento de uma economia (Abdul-Rashid, Sakundarini, Ghazilla & Thurasamy, 2017), para a competitividade global e para a sustentabilidade da sociedade (Moktadir *et al.*, 2018; Moldavska & Welo, 2017). Desta forma, para alcançar uma vantagem competitiva, as empresas de manufatura mais do que as empresas de outros setores, têm sido forçadas a repensar as suas operações e processos (Garza-Reyes, 2015), apostando na implementação de práticas *lean* e *green* de manufatura para criar valor e melhorar a sua performance operacional e ambiental (Abreu, Alves & Moreira, 2017).

As práticas *lean* são utilizadas em larga escala pelas empresas do sector da manufatura para melhorarem a sua performance operacional por força da

crescente competitividade do sector (Belekoukias, Garza-Reyes & Kumar, 2014), sendo igualmente implementadas para desenvolver estratégias ambientais (Faulkner & Badurdeen, 2014).

As práticas de manufatura sustentável são uma das chaves para se alcançar uma melhor performance ambiental (Abdul-Rashid *et al.*, 2017) ao permitirem reduzir o consumo de energia, diminuir os desperdícios e a utilização de recursos naturais (Moktadir *et al.*, 2018).

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar o impacto quer das práticas *Lean* quer das práticas de manufatura sustentável na performance operacional e ambiental das pequenas e médias empresas.

Os três objetivos específicos são: i) avaliar o efeito das práticas *lean* na performance ambiental e operacional; ii) avaliar o efeito que cada uma das práticas de manufatura sustentável, nomeadamente, as práticas de desenvolvimento e design dos produtos, produção sustentável, cadeia de abastecimento e fim de ciclo de vida dos produtos, na performance operacional e ambiental; e iii) avaliar o efeito da performance ambiental na performance operacional.

As práticas *lean* estudadas foram as propostas por Inman e Green (2018), nomeadamente as práticas relacionadas com fornecedores, clientes, produção puxada, fluxo contínuo, *setup*, envolvimento dos empregados e manutenção preventiva. Quanto às práticas de manufatura sustentável estas foram divididas em quatro grupos propostos por Abdul-Rashid *et al.* (2017): práticas relacionadas com o desenvolvimento e *design* dos produtos, práticas de sustentabilidade relacionadas com o processo de produção, práticas de gestão ambiental da cadeia de abastecimento e práticas de gestão ambiental de fim de ciclo de vida dos produtos. A performance operacional foi medida em função das quatro dimensões mais utilizadas (qualidade, entrega, flexibilidade e qualidade).

Este trabalho contribui para a literatura, na medida que existem poucos estudos que analisam simultaneamente as práticas *lean* e *green* de manufatura e o seu efeito quer na performance operacional, quer na performance ambiental. Dos poucos estudos existentes, não foi encontrado nenhum que se foca na realidade das PME. Igualmente, são poucos os estudos existentes que avaliam o efeito da performance ambiental na performance operacional (Inman & Green, 2018).

Para testar o modelo conceptual proposto, foi desenvolvido um questionário e disponibilizado *online* aos Responsáveis da Produção/Ambiente das empresas de manufatura portuguesas selecionadas de uma amostra da base de dados disponibilizada pela empresa Informa D&B.

Este documento encontra-se dividido em 5 capítulos. No presente, primeiro capítulo, é feita a apresentação do estudo, nomeadamente do tema, objetivos e contribuições para a gestão. O segundo capítulo apresenta a revisão de literatura e as hipóteses de investigação que permitem testar o modelo conceptual proposto. As hipóteses de investigação são acompanhadas da respetiva fundamentação teórica. No terceiro capítulo é descrita a metodologia de investigação que inclui a seleção da amostra, a conceção e acompanhamento do questionário e a definição das variáveis do modelo. O quarto capítulo apresenta a análise e discussão dos resultados, e por último, no quinto capítulo apresentam-se as conclusões e limitações do estudo e são dadas sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Lean Manufacturing*

O conceito *lean manufacturing* foi introduzido por Womack *et al.* (1990) no livro *The Machine that changed the World* (Liker & Morgan, 2006), onde foram descritas as práticas idealizadas e implementadas durante décadas no chão de fábrica da indústria automóvel pela *Toyota Motors Company* através do sistema de gestão *Toyota Production System* (TPS) (Hallam & Contreras, 2016). O TPS é o exemplo mais conhecido da implementação dos processos *lean* e que podem ser descritos com recurso à representação de uma casa, a *TPS house*. Segundo Liker e Morgan (2006) a base da *TPS house* necessita de ser estável (*Stable and Standardized Processes*), e nivelada (*Heijunka*) para permitir a construção dos seus dois pilares, *just-in-time* (JIT) e *Autonomation*. O *heijunka* é fundamental para que ocorra um fluxo nivelado entre a capacidade de produção e a procura por parte dos clientes, permitindo que sejam criadas oportunidades de padronizar processos (Liker & Morgan, 2006). O TPS é mantido e aprimorado constantemente através do compromisso das pessoas num ciclo de melhoria

contínua (*kaizen*) seguindo o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) (Herrmann, Thiede, Stehr & Bergmann, 2008).

É possível encontrar na literatura várias definições para *lean manufacturing*, mas todas referem os mesmos objetivos, a redução de custos e a produção de produtos e serviços de qualidade superior no menor tempo possível (Cherrafi *et al.*, 2016), indo ao encontro das necessidades dos clientes eliminando todo o tipo de desperdícios (Shah & Ward, 2003). Segundo Galeazzo e Furlan (2017) o *lean manufacturing* é um conjunto de práticas que permitem ter operações mais estáveis, reduzir o tempo de *setup* das máquinas, ter uma produção orientada à procura por parte dos clientes, padronizar processos e ter uma melhor qualidade ao eliminar defeitos e retrabalho. À luz do *lean manufacturing*, para que sejam obtidas melhorias contínuas, devem ser utilizadas práticas que envolvam os colaboradores e aumentem as suas capacidades e responsabilidades (Galeazzo & Furlan, 2017).

O desperdício no contexto *lean*, segundo Russell e Taylor (2000) é “qualquer coisa que não seja a quantidade mínima de equipamentos, materiais, peças, espaço e tempo que são absolutamente essenciais para acrescentar valor ao produto”. São os clientes finais e não as empresas que definem o valor para um produto e/ou serviço específico a um determinado preço, para um determinado momento (Womack & Jones, 1996), ou seja, sem um entendimento claro do que os clientes finais valorizam não se deve avançar para a produção dos produtos (Melton, 2005).

Segundo Thüerer, Tomašević & Stevenson (2017) foram identificadas na obra de Ohno (1988) três formas diferentes de não acrescentar valor, são elas: (1) *Muda* - desperdício; (2) *Mura* - inconsistência; e (3) *Muri* – Irracionalidade. Na literatura, *muda* é considerado desperdício, enquanto *mura* e *muri* são situações que levam à criação de desperdícios, ou seja, são consideradas fontes de desperdícios (Thüerer *et al.*, 2017). Ohno (1988) identificou sete tipos de desperdícios: (1) sobreprodução; (2) Tempos de espera; (3) transportes; (4) processamento excessivo; (5) as movimentações desnecessárias; (6) os inventários; e (7) os defeitos. Shingo (1989) identificou os mesmos sete desperdícios de Ohno (1988), contudo atribuiu-lhes diferentes significados. Para Shingo (1989) a criação de produtos/serviços é entendida como uma rede bidimensional de processos e operações, permitindo categorizar os desperdícios

como sendo de processo (processos, transportes, inventário e defeitos) ou de produção (sobreprodução, movimentações desnecessárias e tempos de espera). Outras propostas adicionais aos sete desperdícios identificados por Ohno (1988) e por Shingo (1989) podem ser encontradas na literatura, por exemplo, para Liker (2003) os produtos com qualidade acima das especificações e/ou a não utilização da criatividade das pessoas, devem ser considerados como desperdício. Vinodh, Kumar & Vimal (2014) consideraram adicionalmente o desperdício ambiental.

Womack e Jones (1996) referem que para atingir os objetivos do *lean*, são considerados cinco princípios: 1) Valor - perceber quais as necessidades dos clientes e o que eles valorizam; 2) Fluxo de valor – identificar o fluxo de valor para cada produto ou família de produtos e eliminar o desperdício; 3) Fluxo – fazer com que as etapas anteriores do fluxo de valor fluam; 4) *Pull* – projetar e fornecer apenas quando o cliente quer; e 5) Perseguir a perfeição – constante revisão dos quatro princípios anteriores criando um ciclo de melhoria contínua. Esses princípios agem assim de forma cíclica numa lógica de melhoria contínua (Hallam & Contreras, 2016).

Na literatura, a implementação das práticas *lean* são frequentemente associadas a *lean bundles* (Bevilacqua, Ciarapica & De Sanctis, 2017) pelo facto de muitas delas estarem correlacionadas e terem características interdependentes entre si (Nawanir, Teong & Othman, 2013), contudo, não são por si só garantia de sucesso (Galeazzo & Furlan, 2017). As práticas *lean* devem ser implementadas de uma forma sistemática e em função dos princípios base do *lean* sendo que na sua maioria, somente apresentam resultados a longo prazo por requerem consenso, envolvimento dos gestores e formação e *empowerment* dos colaboradores (Negrao, Godinho Filho & Marodin, 2017). O sucesso da implementação das práticas *lean* por via do envolvimento da gestão de topo é igualmente discutido na literatura. Alguns estudos (Chauhan & Singh, 2012; Kumar, Kumar, Heleem & Gahlot, 2013; Soriano-Meier & Forrester, 2002) relacionam o progressivo envolvimento da gestão de topo em função do grau de implementação das práticas *lean*. Desta forma, as empresas devem começar por implementar práticas mais fáceis para alcançarem resultados o mais rápido possível, e assim, conseguirem envolver a gestão de topo o quanto antes para que sejam implementadas práticas mais complexas (Negrao *et al.*, 2017).

A forma como algumas práticas têm sido definidas e classificadas na literatura, tem vindo a sofrer algumas alterações significativas (Bevilacqua *et al.*, 2017). Novos *bundles* de práticas *lean*, diferentes classificações das práticas e a utilização de diferentes infraestruturas, são apontadas como sendo as principais razões.

Shah e Ward (2007) referem que para eliminar todo o tipo de desperdício, as empresas devem combinar a implementação de práticas internas, tais como, o JIT, a manutenção produtiva total (*Total Productive Maintenance* – TPM), a gestão total da qualidade (*Total Quality Management* - TQM) e a gestão dos recursos humanos (*Human Resource Management* - HRM), e práticas da cadeia de abastecimento. Em linha com esta ideia é possível encontrar na literatura autores que propuseram novos *bundles* tais como a gestão de fornecedores, gestão dos clientes e estratégias de integração (Bevilacqua *et al.*, 2017). Hofer, Eroglu & Hofer (2012) também classificou as práticas *lean* como internas (produção puxada, fluxo contínuo, *setup*; envolvimento dos empregados e TPM) e externas (envolvimento dos clientes, *feedback* dos fornecedores; fornecedores JIT; desenvolvimento dos fornecedores).

Bevilacqua *et al.* (2017) identificou através de uma revisão de literatura, 47 práticas *lean* num total de 26 *bundles*, sendo que 80% desses *bundles* são o JIT, TQM, HRM e gestão dos fornecedores. Negrao *et al.* (2017) numa revisão da literatura às práticas *lean*, concluíram que 10 das 18 práticas estudadas, representam 80% das práticas implementadas pelas empresas, são elas: *Kaizen*, HRM, JIT, Produção puxada, *Cell manufacturing*, TPM, Gestão de fornecedores, fluxo contínuo, *Single Minute Exchange of Dies* (SMED) e envolvimento dos clientes.

O estudo de Inman e Green (2018), cujas práticas *lean* serviram como base do presente estudo, utilizaram práticas *lean* relacionadas com: fornecedores; clientes; produção puxada, fluxo contínuo, *setup*, envolvimento dos empregados e manutenção preventiva.

2.2. *Green Manufacturing*

Considerando a definição da *U.S. Department of Commerce (International Trade Administration, 2007)* para o conceito de manufatura sustentável como “a

produção de produtos manufaturados através de processos que diminuam o efeito negativo sobre o meio ambiente, preserve a conservação de energia e recursos naturais, seja segura para os empregados, comunidades e consumidores e apresente resultados económicos positivos”, verifica-se que as práticas de manufatura sustentável são uma das principais iniciativas ambientais para que as empresas alcancem uma melhor performance ambiental (Abdul-Rashid *et al.*, 2017). Govindan, Kannan & Shankar (2014) referem que a manufatura verde é uma das estratégias de maior sucesso da manufatura sustentável e tem sido implementada pelas empresas de manufatura para alcançar processos mais sustentáveis. Segundo Deif (2011) a manufatura verde permite reduzir os custos e o tempo de produção através da redução do consumo de energia e do desperdício de materiais.

No que respeita aos fatores críticos de sucesso da manufatura verde, a literatura apresenta diversas propostas. Por exemplo, Digalwar, Tagalpallewar & Sunnapwar (2013) sugerem doze fatores críticos de sucesso”: 1) Envolvimento da Gestão de Topo; 2) Gestão do conhecimento; 3) Formação dos funcionários; 4) Produtos verdes e processo de *design*; 5) Envolvimento dos funcionários; 6) Saúde ambiental e segurança; 7) Gestão dos fornecedores dos materiais; 8) Planeamento e controlo da produção; 9) Qualidade; 10) Custos; 11) Requisitos do desempenho ambiental dos clientes (*Customer environment performance requirements*); e 12) Responsabilidade do cliente e crescimento da empresa (*Customer responsiveness and company growth*).

A manufatura verde é um dos seis elementos do *Green Supply Chain Management* (Luthra, Garg & Haleem, 2014) e difere da manufatura tradicional ao concentrar-se no impacto ambiental, políticas e regulamentações ambientais governamentais, podendo desta forma, desencadear inovações que permitam reduzir os custos, aumentar a produtividade ou tornar as empresas mais competitivas (Digalwar *et al.*, 2013). São as empresas de manufatura mais inovadoras no seu processo de produção que tendem a ser mais criativas na abordagem dos custos e riscos ambientais (Florida, 1996).

Para Verrier, Rose, Caillaud & Remita (2014) os impactos ambientais podem ser considerados como resultado de desperdícios ambientais. Nesta perspetiva, o desperdício ambiental pode ser visto como a utilização desnecessária de recursos e a libertação de substâncias para o ar, água ou terra

que podem prejudicar a saúde e bem-estar das pessoas e ter um impacto negativo no meio ambiente (Deif, 2011). Hines (2009) propôs oito tipos de desperdícios “verdes”: 1) gases do Efeito Estufa; 2) eutrofização; 3) utilização excessiva de recursos; 4) utilização excessiva de água; 5) utilização excessiva de energia; 6) poluição; 7) lixo; e 8) problemas de saúde e segurança.

As várias etapas da manufatura, permitem caracterizar o grau de controlo e impacto dos produtos no meio ambiente (Duflou, Sutherland, Dornfeld, Herrmann, Jeswiet, Kara, Kellens, 2012). Com base no ciclo de vida do produto, Abdul-Rashid *et al.* (2017) referem que as práticas de manufatura sustentável podem ser divididas em quatro categorias que dizem respeito à fase em que cada prática é implementada, são elas: práticas relacionadas com o desenvolvimento e *design* dos produtos; práticas de sustentabilidade relacionadas com o processo de produção; práticas de gestão ambiental da cadeia de abastecimento; e práticas de gestão ambiental no fim de ciclo de vida dos produtos.

As práticas relacionadas com o desenvolvimento e *design* dos produtos assumem um papel fundamental ao condicionarem o comportamento dos produtos nas fases seguintes (Rebitzer, Hunkeler, Norris & R, 2004). Estas práticas projetam o processo de produção através da decisão dos materiais a serem utilizados e do *design* das peças para a montagem e reciclagem dos produtos (Duflou *et al.*, 2012), sem que ocorram *trade-offs* com outros critérios do projeto, como custos e funcionalidade (Green, Zelbst, Meacham & Bhadauria, 2012).

As práticas de produção sustentável visam garantir que efeitos negativos sobre o meio ambiente sejam minimizados durante os processos de produção. Nesse sentido, os processos de produção devem ser projetados e operacionalizados para reduzir os resíduos, eliminar substâncias tóxicas e perigosas e utilizar os materiais e a energia de uma forma mais eficiente (Jovane, Westkämper & Williams, 2009). A redução do consumo de energia ou de emissões de CO₂, a redução dos resíduos indesejados, a recuperação dos recursos e fazer uso eficiente de materiais, são iniciativas “amigas do ambiente” associadas aos processos de produção (Despeisse, Mbaye, Ball & Levers, 2012; Fang, Uhan, Zhao & Sutherland, 2011; Jayal, Badurdeen, Dillon Jr & Jawahir, 2010; Pajunen, Watkins, Wierink & Heiskanen, 2012).

As práticas de gestão ambiental da cadeia de abastecimento, segundo Abdul-Rashid *et al.* (2017), devem ser vinculadas ao armazenamento sustentável, às embalagens ecológicas, à logística reversa e às compras ecológicas.

- Armazenamento sustentável – Envolve o armazenamento e descarte adequado de materiais perigosos, a localização adequada para a definição de rotas eficientes e garantir uma operação segura dos equipamentos dentro do armazém (Abdul-Rashid *et al.*, 2017).
- Embalagens ecológicas – Permitem reduzir o efeito negativo dos produtos no meio ambiente ao longo da sua distribuição na cadeia de abastecimento (Zailani, Eltayeb, Hsu & Tan, 2012).
- Logística reversa - É o processo de retomar um produto ou uma embalagem para que seja reutilizado, reciclado e recuperado após utilização por parte dos clientes ou fornecedores (Carter, Ellram & Ready, 1998; Rogers & Tibben-Lembke, 2001).
- Compras ecológicas - São práticas de compras que pretendem garantir que os itens comprados vão ao encontro dos objetivos ambientais da empresa, como reduzir ou eliminar itens perigosos, reduzir fontes de resíduos e promover a reciclagem e a recuperação dos materiais adquiridos (Carter *et al.*, 1998; Hamner, 2006; Zhu, Sarkis & Lai, 2007).

As práticas de gestão ambiental associadas ao fim de ciclo de vida dos produtos referem-se a práticas operacionais ambientais que através da reutilização, remanufatura ou reciclagem, pretendem integrar novamente materiais ou componentes de um produto no seu fim de ciclo de vida (Abdul-Rashid *et al.*, 2017)

2.3. *Lean e Green Manufacturing*

Com a crescente necessidade de as empresas melhorarem a sua performance operacional e ambiental, a literatura tem estudado a integração das práticas *lean* e *green* em simultâneo (Garza-Reyes, 2015) para criar mais valor para os clientes, reduzir desperdícios num ciclo de melhoria contínua (Kurdve, Zackrisson, Wiktorsson & Harlin, 2014) e reduzir o impacto da poluição no meio ambiente (Alshuwaikhat & Abubakar, 2008). Vários autores referem que a

implementação conjunta do *lean* e do *green* permite às empresas alcançar uma melhor performance ambiental e operacional (Barth & Melin, 2018; Dües, Tan & Lim, 2013; Thanki, Govindan & Thakkar, 2016; Zhan, Tan, Ji & Tseng, 2016). Thanki *et al.* (2016) refere que a integração em simultâneo de práticas *lean* e *green* assume um papel fundamental para que as PME sejam competitivas ao permitir que, reduzam custos, tenham um menor *lead time*, melhorem o fluxo dos seus processos e protejam o meio ambiente. Empiricamente, Inman e Green (2018) demonstraram que a implementação simultânea de práticas *lean* e *green* permite que as empresas melhorem a sua performance ambiental e operacional. Bergmiller e McCright (2009) alegaram que só desta forma é possível desenvolver todo o potencial de cada uma das abordagens.

Tradicionalmente implementadas de forma individualizada para alcançar os seus objetivos, o *lean* e *green* têm objetivos comuns. Além da eliminação do desperdício (Bergmiller & McCright, 2009; Fercoq, Lamouri & Carbone, 2016; Mollenkopf, Stolze, Tate & Ueltschy, 2010), as duas abordagens visam alcançar uma melhor qualidade, menor *lead time*, reduzir custos e criar mais valor para o cliente (Deif, 2011; Gupta & Jain, 2013; Shah & Ward, 2003). Como referido anteriormente, a eliminação do desperdício é uma atividade comum às duas abordagens, contudo, existem autores que referem outras atividades comuns, tais como, práticas para a redução do desperdício; as pessoas e as empresas; a redução do *lead time*; o relacionamento ao longo de toda a cadeia de abastecimento; indicadores chave (Dües *et al.*, 2013), a utilização eficiente dos recursos e o foco na satisfação dos clientes (Duarte & Cruz-Machado, 2013) o foco no processo e no envolvimento e participação das pessoas (Martinez-Jurado & Moyano-Fuentes, 2014).

A implementação em simultâneo do *lean* e do *green* não é fácil e exige por parte das empresas um foco estratégico, alterações na cultura das empresas e um investimento significativo (Inman & Green, 2018). Galeazzo, Furlan & Vinelli (2014) concluíram que devem ser combinadas as capacidades de duas áreas funcionais diferentes envolvendo os gestores da produção e do ambiente.

Apesar de não existir nenhum modelo definido para a integração destas abordagens em simultâneo, alguns estudos que têm apresentado algumas propostas (Alves & Alves, 2015; Pampanelli, Found & Bernardes, 2014; Verrier, Rose & Caillaud, 2016). Pampanelli *et al.* (2014) ao adotarem uma abordagem

de melhoria contínua, propõem um modelo integrado de *lean* e *green* para as empresas de manufatura ao nível do chão de fábrica, permitindo a redução do desperdício e melhorar a performance ambiental. Alves e Alves (2015) defendem a necessidade de existir uma transformação cultural das empresas para que sejam integrados os princípios *lean manufacturing* e a sustentabilidade. Desta forma, será possível eliminar o desperdício proveniente da produção ao mesmo tempo que é incentivada a utilização eficiente dos recursos naturais e a redução de resíduos indesejados. Verrier *et al.* (2016), com base em estudos anteriores, apresentou um modelo que visa a eliminação de desperdícios nos processos de produção.

Ferqoc *et al.* (2016) no seu estudo de técnicas para reduzir o desperdício nos processos de manufatura, demonstraram que as empresas podem adotar em simultâneo, estratégias *lean* e *green* para que se gere uma atitude ambiental pró-ativa e dessa forma reduzir custos. Ng, Low & Song (2015) demonstraram empiricamente que a utilização de práticas *lean* e *green* permitiu às empresas reduzir as emissões de CO₂ ao mesmo tempo que melhorou o *lead time* de produção. Garza-Reyes, Villarreal, Kumar & Molina Ruiz (2016) num estudo de caso, demonstraram que a utilização conjunta do *lean* e do *green* com uma ferramenta (STVSM – Mapa do Fluxo de Valor do Transporte Sustentável) que deriva do *Value Stream Map* (VSM), permite alcançar uma melhor performance operacional e ambiental das operações de transporte rodoviário. Galeazzo *et al.* (2014) ao analisarem num estudo de caso, a implementação de 3 projetos de prevenção da poluição em 2 fábricas de empresas multinacionais, demonstraram que as práticas *lean* e *green* podem ser implementadas em simultâneo ou sequencialmente, sendo que a implementação simultânea é associada a um possível envolvimento dos fornecedores. Foi ainda referido que a forma como as práticas *lean* e *green* interagem irão determinar os resultados da performance operacional.

2.4. Hipóteses de Investigação

2.4.1. *Lean Manufacturing*

O *lean* é um dos paradigmas mais influentes para as empresas de diferentes atividades de manufatura (Hines, Holwe & Rich, 2004), pelo que os seus princípios e ferramentas têm sido utilizados em larga escala não só para melhorar a performance operacional, mas também para obterem uma vantagem competitiva face aos seus concorrentes (Garza-Reyes, 2015). O *lean manufacturing* é uma abordagem de gestão para que as empresas aumentem a eficiência, diminuam custos (Garza-Reyes, 2015), reduzam o tempo de resposta aos clientes e contribuam para uma melhor qualidade (Bergmiller & McCright, 2009; Fariñas, López & Martín-Marcos, 2016); Fernández-Olmos, Gargallo-Castel & Giner-Bagües, 2016).

Negrao *et al.* (2017) numa revisão da literatura, demonstraram que a maioria dos estudos relacionam positivamente as práticas *lean* com a performance operacional. Nawanir *et al.* (2013) demonstraram empiricamente que as práticas *lean* estão positivamente associadas a todas as dimensões da performance operacional, concluído assim que quanto mais profunda for a implementação das práticas, maior será a performance operacional.

Num estudo realizado com PMEs da indústria alimentar, Dora, Kumar, Van Goubergen, Molnar & Gellynck (2013) concluíram que o *lean manufacturing* tem um efeito positivo na performance operacional, em especial na dimensão qualidade. Os colaboradores, o conhecimento existente dentro das empresas e uma cultura organizacional adequada foram apontados como os fatores críticos de sucesso para os resultados alcançados. Chavez, Gimenez, Fynes, Wiengarten & Yu (2013) e Chavez, Yu, Jacobs, Fynes, Wiengarten & Lecuna (2015) demonstraram que as práticas *lean* têm um efeito positivo na performance operacional. Cua, McKone & Schroeder (2006) defendem que a integração em simultâneo das práticas JIT, TPM e TQM permite uma melhor qualidade, entrega, flexibilidade e redução de custos. Bevilacqua *et al.* (2017) demonstraram que o TQM tem um efeito positivo na rotação de stock.

A implementação das práticas *lean* de gestão de fornecedores, melhora a qualidade das matérias primas e conseqüentemente reduz o tempo dedicado às

inspeções da qualidade (Romano, 2002). Bevilacqua *et al.* (2017) demonstraram empiricamente que as parcerias com os fornecedores permitem às empresas diminuir o tempo de resposta às reclamações, aumentando assim a satisfação dos clientes.

Taj e Morosan (2011) demonstraram no seu estudo a empresas chinesas que as práticas HRM e as práticas da cadeia de abastecimento têm um efeito positivo na dimensão flexibilidade. Perante os resultados alcançados, os autores indicam que para se ter produtos de melhor qualidade, as empresas devem pensar na sua política salarial e olhar em simultâneo para a gestão interna (foco nas operações de produção) e externa (gestão da cadeia de abastecimento).

Belekoukias *et al.* (2014) estudaram o efeito que algumas práticas *lean* têm sobre a performance operacional em 140 empresas espalhadas por vários países. Os resultados mostraram que o JIT tem um impacto positivo em todas as dimensões da performance operacional. Contudo, e contrariamente ao postulado e amplamente discutido na literatura, o TPM não teve um efeito positivo na performance operacional. O resultado negativo do TPM foi interpretado pelos autores como existindo dificuldades na implementação da prática, ou pelo facto de não ser alvo de grande atenção dos gestores de topo por ser uma prática unicamente operacional pelo que poderão não lhe ser reconhecidos grandes benefícios.

Bortolotti, Danese & Romano (2013) num estudo empírico à escala global a empresas com elevada variedade de produtos, demonstraram que as práticas *lean* como o JIT, SMED e *Cell manufacturing* não produzem efeitos positivos no *lead-time*, tempo de entrega e flexibilidade. Em linha com outros estudos que relacionam práticas *lean* em sistemas de produção de elevada variedade, Negro *et al.* (2017) concluíram que as práticas *lean* resultam em efeitos positivos quando implementadas em sistemas de produção repetitivos. Bevilacqua *et al.* (2017) concluíram que a produção de um elevado número de produtos, limita a previsibilidade do processo e a capacidade de obter uma produção puxada.

Chen e Tan (2013) ao estudarem empresas que operam na China, concluíram que a implementação das práticas *lean* tais como o JIT, *Kaizen*, SMED e *Cell manufacturing*, não tiveram um efeito positivo nas dimensões qualidade e tempo de entrega da performance operacional. Este resultado foi

associado por parte dos autores, à falta de boas práticas de gestão de cultura organizacional e do entendimento dos princípios básicos do *lean manufacturing*, até porque Bortolotti, Boscari & Danese (2015) concluíram que existe a necessidade de desenvolver uma cultura organizacional apropriada para que as empresas tenham sucesso na implementação das práticas *lean*.

Estudos empíricos demonstram que o *lean* contribui positivamente para a redução do consumo de energia e dos materiais utilizados, dois aspetos fundamentais para alcançar uma melhor performance ambiental (Moreira, Alves & Sousa, 2010). Empiricamente, Chiarini (2014) demonstrou que o *lean manufacturing* permite às empresas de manufatura alcançarem efeitos positivos na performance ambiental. Sobral, Jabbour & Jabbour (2013) concluíram que o *lean manufacturing* pode dar origem a aspetos ambientais positivos através da formação contínua que é dada aos empregados, tornando-os mais envolvidos e pró-ativos na pretensão de proteger o meio ambiente. Numa corrente oposta, Yang, Hong & Modi (2011) concluíram que para se alcançar uma melhor performance ambiental, as práticas *lean* por si só não serão suficientes devendo ser implementadas práticas ecológicas em simultâneo. Com produção puxada pelos clientes e com níveis de inventário menores, os princípios JIT podem entrar em conflito com os resultados ambientais ao potenciarem um aumento dos níveis de poluição para atmosfera por via de uma maior necessidade de transporte (Carvalho, Azevedo & Machado, 2010); Hallam & Contreras, 2016; Martinez-Jurado & Moyano-Fuentes, 2014; Rothenberg, Pil & Maxwell, 2001). King e Lenox (2001) referem que o SMED pode aumentar a frequência com que são realizadas as limpezas e consequentemente uma maior utilização de produtos de limpeza.

Face ao referido anteriormente, formulam-se as seguintes hipóteses:

H1: As práticas *lean manufacturing* têm um efeito positivo na performance operacional.

H2: As práticas *lean manufacturing* têm um efeito positivo na performance ambiental.

2.4.2. Práticas sustentáveis de desenvolvimento e *design* dos produtos

Segundo Gülçin Büyüközkan e Gizem Çifçi (2012), 80% dos efeitos negativos sobre o meio ambiente por parte dos produtos são influenciados pela

fase do desenvolvimento e *design* dos produtos. As decisões levadas a cabo no início dos projetos, influencia diretamente o impacto ambiental oriundo da produção, consumo e descarte dos produtos (Handfield, Melnyk, Calantone & Curkovic, 2001). Neste sentido, as empresas que incluem questões ambientais desde a fase inicial dos projetos, são mais suscetíveis a reduzir custos de descarte, evitar multas ambientais, utilizar as matérias primas de forma eficiente e melhorar o meio ambiente (Sroufe, Curkovic, Montabon & Melnyk, 2000).

O estudo realizado por Jackson, Gopalakrishna-Remani, Mishra & Napier (2016) em empresas de manufatura dos Estados Unidos da América (EUA), demonstra que o *design* ecológico tem um efeito positivo na performance ambiental permitindo reduzir os custos do consumo de energia, com o tratamento de resíduos e com a diminuição de multas por não conformidade ambiental.

Ao estudarem empresas de alta tecnologia, cujo tempo de ciclo dos produtos são tipicamente curtos, Chung e Tsai (2007) demonstraram que um *design* ecológico tem um efeito positivo na qualidade dos produtos, na flexibilidade e na entrega. A redução do desperdício por via do *design* ecológico pode permitir reduzir os custos de produção e melhorar o modo de utilização dos materiais (Koh, Gunasekaran & Tseng, 2012). Os estudos empíricos de Geng, Mansouri & Aktas (2017) e Fang e Zhang (2018) demonstraram existir uma forte relação entre o *design* ecológico e a performance ambiental e operacional.

Os resultados do estudo de Green *et al.* (2012), demonstraram existir um efeito positivo entre o *design* ecológico e a performance ambiental, contudo, os autores referem que a aquisição de materiais que permitam tornar os produtos mais ecológicos poderá aumentar os custos. No estudo de Eltayeb, Zailani & Ramayah (2011), a hipótese postulada de que o *design* ecológico teria um efeito significativo na performance ambiental foi suportada. Os autores atribuem este resultado ao fato do *design* ecológico ser uma prática que se foca em melhorar os “atributos” ambientais internos das empresas.

Num estudo a empresas de manufatura da Tailândia, Laosirihongthong, Adebango & Choon Tan (2013) consideraram o *design* ecológico como uma prática pró-ativa e não encontraram evidências de um efeito positivo significativo na performance ambiental. Os autores associam este resultado ao fato de as empresas Tailandesas darem prioridade ao cumprimento da legislação e regulamentação.

Face ao referido anteriormente, formulam-se as seguintes hipóteses:

H3: As práticas sustentáveis de desenvolvimento e *design* dos produtos têm um efeito positivo na performance operacional.

H4: As práticas sustentáveis de desenvolvimento e *design* dos produtos têm um efeito positivo na performance ambiental.

2.4.3. Práticas de produção sustentável

Os processos de manufatura têm um grande impacto sobre o meio ambiente ao consumirem uma grande quantidade de energia e produzirem resíduos sólidos, líquidos e gases indesejáveis (Duflou *et al.*, 2012).

Uma gestão de energia eficiente assume um papel fundamental para tornar os processos produtivos mais “amigos do ambiente” e permitirá às empresas uma melhor sustentabilidade dos processos de produção, reduzindo o consumo de energia e as emissões de CO₂ (Christoffersen, Larsen & Togeby, 2006; Kannan & Boie, 2003), permitindo uma maior flexibilidade e melhor qualidade (Schönsleben, 2007) e uma redução de custos (Yusuf, Gunasekaran, Musa, El-Berishy, Abubakar & Ambursa, 2013).

Maruthi e Rashmi (2015) referem que com a adoção de uma estratégia de zero emissões, os processos de produção serão mais ecológicos ao não terem despesas a remover o desperdício que será eliminado numa fase inicial da produção. Empiricamente, Rao e Holt (2005) e Abdul-Rashid *et al.* (2017) demonstram que as práticas de produção sustentável têm um efeito positivo na performance ambiental.

Ramayah *et al.* (2013) concluíram que as diferentes fases de uma produção sustentável, permitem às empresas reduzirem não só os seus custos, como melhorar a qualidade dos produtos e ter uma melhor resposta à entrega. Gupta e Jain (2013) referem que a adoção de práticas *green manufacturing* permitirá às empresas melhorar a qualidade dos seus processos de produção e consequentemente ter produtos de qualidade superior.

Num estudo realizado com empresas brasileiras de diferentes setores de atividade, Jabbour, De Sousa Jabbour, Govindan, De Freitas, Soubihia, Kannan & Latan (2016) demonstraram empiricamente que práticas de manufatura sustentável permitem obter uma melhor performance operacional.

Face ao referido anteriormente, formulam-se as seguintes hipóteses:

H5: As práticas de produção sustentável têm um efeito positivo na performance operacional.

H6: As práticas de produção sustentável têm um efeito positivo na performance ambiental.

2.4.4. Práticas de Gestão Ambiental da Cadeia de Abastecimento

Nas compras ecológicas, além das dimensões da performance operacional como os custos, qualidade e entrega, os gestores de compras exercem as suas funções considerando a sustentabilidade ambiental (Lambert & Cooper, 2000) com o objetivo de reduzir resíduos, promover a reciclagem e a reutilização de materiais (Min & Galle, 2001). As práticas de compras ecológicas podem ainda desencadear um efeito multiplicador ao estender essa prática além dos fornecedores diretos (Preuss, 2001) o que pode originar alterações ambientais mais rápidas (Green *et al.*, 2012; Zailani *et al.*, 2012).

Vários estudos empíricos estudaram os efeitos das compras ecológicas na performance das empresas, tendo alguns encontrado uma relação positiva (Fang & Zhang, 2018; Laosirihongthong *et al.*, 2013; Petljak, Zulauf, Štulec, Seuring & Wagner, 2018; Zhu, Sarkis & Lai, 2013). Eltayeb *et al.* (2011), Green *et al.* (2012) e Zailani *et al.* (2012) não encontraram evidências que suportassem a hipótese de as compras ecológicas terem um efeito positivo na performance ambiental. Os autores, suportados por outros estudos, associam os resultados obtidos ao facto de as compras ecológicas permitirem diretamente que os seus fornecedores melhorem o seu desempenho ambiental, ao passo que para a empresa esta prática se reflete de forma indireta.

Do consumo total de energia de todo o mundo, 8% das emissões de CO₂ dizem respeito ao transporte de mercadorias. Desta forma, a escolha do local de produção influencia diretamente a performance ambiental das empresas ao determinar a necessidade de transporte das matérias primas e de produtos acabados, o modo de transporte, a quantidade de energia necessária para a produção de um determinado produto e a definição das rotas (Duflou *et al.*, 2012).

Eltayeb *et al.* (2011) encontraram uma relação positiva no seu estudo entre a logística reversa e a redução de custos, tendo associado estes resultados à utilização de materiais reciclados ou reutilizados em vez de materiais virgens. Os

estudos de Geng *et al.* (2017) e Laosirihongthong *et al.* (2013) apresentam resultados pouco significativos da logística reversa relativamente à performance ambiental. Os elevados custos com infraestruturas em comparação com os possíveis ganhos, as características dos produtos e uma falta de cultura de reciclagem, foram algumas das razões que os autores encontraram para justificar os resultados obtidos.

Segundo o estudo de Zailani *et al.* (2012) as embalagens ecológicas têm um efeito positivo na performance ambiental. Relativamente à performance operacional, os autores não encontraram evidências positivas como haviam postulado, tendo associado estes resultados à falta de um sistema de verificação ou de indicadores bem definidos que associem diretamente as embalagens sustentáveis a um melhor tempo de entrega.

Abdul-Rashid *et al.* (2017) demonstraram empiricamente existir um efeito positivo entre as práticas de gestão ambiental da cadeia de abastecimento e a performance ambiental.

Face ao referido anteriormente, formulam-se as seguintes hipóteses:

H7: As práticas de gestão ambiental da cadeia de abastecimento têm um efeito positivo na performance operacional.

H8: As práticas de gestão ambiental da cadeia de abastecimento têm um efeito positivo na performance ambiental.

2.4.5. Práticas de gestão ambiental de fim de ciclo de vida dos produtos

Ao longo do processo de produção, são gerados diferentes tipos de resíduos que podem voltar a ser recuperados e a reentrar na fase inicial do ciclo de vida do produto, assumindo assim uma lógica de ciclo fechado da cadeia de valor (Yuan, Bi & Moriguichi, 2006). Desta forma, os produtos podem nunca gerar desperdícios ao serem projetados para integrarem um ciclo totalmente reciclado (Su, Heshmati, Geng & Yu, 2013) o que torna as práticas de fim de ciclo de vida dos produtos dependentes das práticas de desenvolvimento e *design* de produtos (Khor & Udin, 2013).

Segundo Guide, Jayaraman, Srivastava & Benton (2000) a gestão de recuperação de produtos permite que as atividades industriais reduzam o impacto negativo no meio ambiente e eliminem desperdícios de produção. Amelia, Wahab, Che Haron, Muhamad & Azhari (2009) referem que

independentemente de ser pela reutilização, remanufactura ou reciclagem, ir-se-á reduzir o consumo de matérias primas, diminuir o volume de resíduos descartados e ter um consumo de energia mais baixo para fins de processamento.

Segundo Lieder e Rashid (2016) a recuperação de produtos é em grande parte impulsionada pela remanufactura. Contudo Amelia *et al.* (2009) referem que a remanufactura é a prática menos utilizada devido aos elevados custos de infraestruturas, indicando a reutilização como sendo a mais utilizada. As peças e componentes de produtos em final de ciclo de vida que se encontram em boas condições, sem a necessidade de serem reciclados ou remanufaturados, podem ser reutilizadas diretamente na montagem de novos produtos, diminuindo assim os desperdícios gerados e reduzindo os custos de produção e do consumo de energia (Amelia *et al.*, 2009).

Ye, Zhao, Prahinski & Li (2013) referem que de acordo com Stock *et al.* (2002), as práticas de fim de ciclo dos produtos, tais como a remanufactura ou a reciclagem permitem alcançar uma vantagem competitiva, existindo empresas que conseguem obter margens mais elevadas nos seus produtos remanufaturados do que os que não são. Além de melhorar as margens de lucro das empresas, as práticas de fim de ciclo de vida dos produtos podem ainda reduzir as despesas de aquisição de matérias primas e aumentar receitas ao ganhar novos clientes que procuram produtos mais ecológicos (De Brito, Flapper & Dekker, 2002; Prahinski & Kocabasoglu, 2006). Ye *et al.* (2013) referem ainda que práticas como o acondicionamento permitem proteger o meio ambiente, mas também reduzir os custos de produção.

No seu estudo, Abdul-Rashid *et al.* (2017) não encontraram uma relação positiva e significativa entre as práticas de fim de ciclo de vida dos produtos e a performance ambiental. Os autores atribuíram este resultado ao facto de as empresas implementarem práticas de fim de ciclo de vida dos produtos como forma de obter quota de mercado, e não por questões ambientais.

No estudo de Ye *et al.* (2013), os autores comprovam empiricamente que as práticas ambientais de fim de ciclo de vida têm um efeito positivo e significativo na performance ambiental. Os autores atribuem estes resultados ao facto de as práticas de fim de ciclo de vida permitirem reduzir a quantidade de desperdícios gerados e diminuir a utilização de materiais virgens.

Face ao exposto, propõem-se as seguintes hipóteses:

H9: As práticas de gestão ambiental de final de ciclo de vida do produto têm um efeito positivo na performance operacional.

H10: As práticas de gestão ambiental de final de ciclo de vida do produto têm um efeito positivo na performance ambiental.

2.4.6. Efeito da performance ambiental na performance operacional

Hanna, Rocky Newman & Johnson (2000) demonstraram existir uma relação positiva entre a performance ambiental e a performance operacional em empresas que têm como principal objetivo reduzir os custos. Os autores associam este resultado ao facto da redução de custos, em muitos casos, ser alcançada através da prevenção da poluição e da redução/eliminação de desperdícios. Green *et al.* (2012) referem que a natureza de redução de custos da performance ambiental está diretamente relacionada com a obtenção de uma melhor performance operacional.

A hipótese postulada de que a performance ambiental tem um efeito positivo na performance operacional foi igualmente testada e suportada nos estudos de Rao (2002) e de Inman e Green (2018). Para Rao (2002) os fornecedores podem influenciar a capacidade de uma empresa melhorar a sua performance ambiental, e consequentemente, levar a uma melhor qualidade dos produtos, ao aumento da eficiência, à redução dos custos e a uma melhor produtividade. Inman e Green (2018) sugerem que o efeito positivo da performance ambiental na performance operacional deriva de uma associação indireta das práticas ecológicas na performance operacional, ou seja, a utilização simultânea de práticas *lean* e *green* deverá resultar numa melhor performance ambiental sob pena da sua complementaridade estar a ser desperdiçada. Em linha com este pensamento, Hajmohammad *et al.* (2013) em função dos resultados do estudo que realizaram, referem que as práticas *lean* permitem alcançar uma melhor performance ambiental quando mediadas pela implementação de práticas de gestão ambiental.

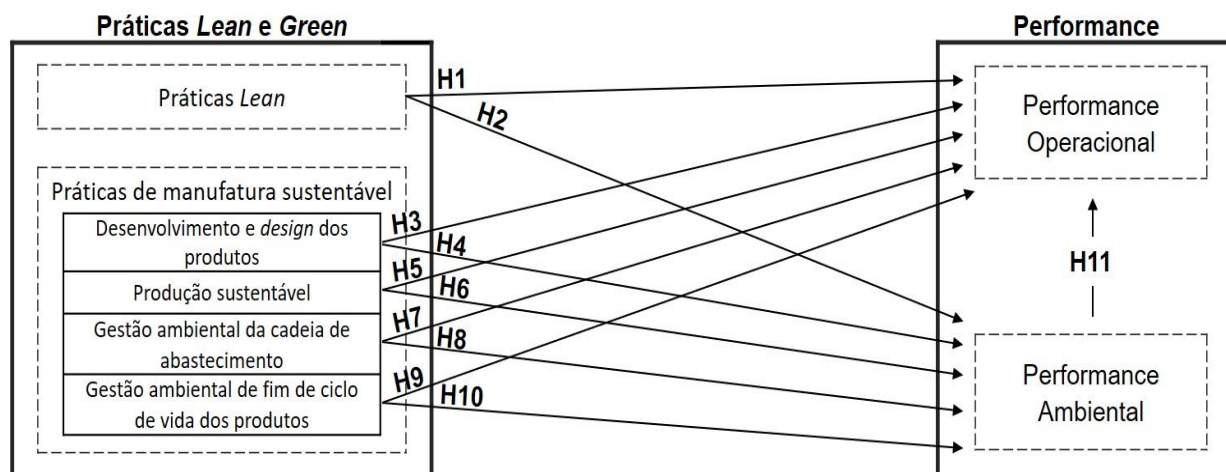
Também Fang e Zhang (2018) demonstraram empiricamente existir um efeito positivo da performance ambiental na performance operacional.

Face ao referido anteriormente, formulou-se a seguinte hipótese:

H11: A performance ambiental tem um efeito positivo na performance operacional.

O modelo conceptual proposto é apresentado na figura 1.

Figura 1 - Modelo conceptual



Fonte: Elaboração própria

3. METODOLOGIA

Este capítulo está dividido em 3 pontos e visa descrever os procedimentos e as decisões metodológicas que guiaram a elaboração do presente estudo. Num primeiro ponto é feita a descrição da amostra utilizada, de seguida são apresentados os procedimentos seguidos para a construção e envio do questionário. Por último, são definidas as variáveis incluídas no modelo conceptual.

3.1. Seleção da amostra

A população alvo do presente estudo são as PME portuguesas de manufatura.

Foram escolhidas as PME's portuguesas por representarem 99% das empresas portuguesas (OCDE, 2017), e o sector das empresas da indústria da manufatura por razões como: contribuírem para o desenvolvimento da maioria dos países (Abdul-Rashid *et al.*, 2017); estarem forçadas a melhorar a performance operacional por força do aumento da competitividade (Belekoukias

et al., 2014); e por existir uma maior consciencialização ambiental e um aumento de pressões externas para melhorarem a sua performance ambiental (Garza-Rayes, 2015).

A base de dados disponibilizada pela empresa Informa D&B tinha listadas 7356 empresas de manufatura Portuguesas abrangidas pelo CAE 10 a 32 inclusive. A informação que a base de dados disponibilizava a respeito de cada empresa era: nome, NIF (Número de Identificação Fiscal), email, data de constituição, volume de negócios de 2017, número de colaboradores de 2017, CAE e descrição do CAE. A base de dados não continha empresas duplicadas, assim, não houve a necessidade de efetuar nenhuma limpeza. O questionário desenvolvido para a recolha de dados foi enviado para todas as empresas listadas na base de dados mencionada anteriormente.

Para responder aos questionários, deve ser selecionada a pessoa com o maior nível de conhecimento sobre as variáveis em estudo (Malhotra & Grover, 1998). Nesse sentido, atendendo ao conteúdo das questões apresentadas e à semelhança de estudos anteriormente realizados nesta área, foram considerados como informante chave em cada empresa os responsáveis pelo departamento da produção e/ou qualidade.

Para avaliar as competências a respeito das informações solicitadas foi solicitado aos respondentes que indicassem o número de anos a que estavam na empresa, o cariz das suas atuais funções e há quantos anos as exerciam, e por último qual o seu grau de conhecimento em relação às questões apresentadas.

3.2. Questionário

Os questionários são a metodologia mais utilizada para estudos empíricos na área da Produção e Gestão das Operações (Malhotra & Grover, 1998), e para estudos de natureza descritiva e explicativa, como este, por permitirem a recolha de uma grande quantidade de dados de uma população de forma económica (Saunders, Lewis & Thornhill, 2009).

Foi desenvolvido um questionário *on-line* no LimeSurvey (www.limesurvey.org) e enviado por email para todas empresas que constavam na base de dados, o que permitiu a recolha de dados para testar o modelo

conceptual proposto. Para a utilização de questionários *on-line*, Umbach (2004) apresenta várias vantagens, tais como: baixos custos; estruturação flexível; maior facilidade em analisar os dados; e maior controlo no envio de emails e receção de respostas.

O questionário era constituído por respostas fechadas ao dar um conjunto de possíveis respostas para cada pergunta. Através da revisão de literatura foi possível compreender e definir as variáveis latentes utilizadas, quais as suas dimensões e indicadores.

O questionário, de forma a estruturar e sintetizar toda a informação, encontra-se dividido em 5 secções, são elas:

- Secção 1: Caracterização da empresa
- Secção 2: Práticas *lean*
- Secção 3: Práticas de gestão ambiental
- Secção 4: Performance
- Secção 5: Caracterização do inquirido

3.2.1 Envio e Acompanhamento do questionário

O questionário esteve disponível do dia 3 de junho de 2019 ao dia 25 de julho de 2019, e o convite para participar foi enviado por email acompanhado de uma mensagem de texto e um link de acesso ao mesmo. A mensagem de texto era simples e elucidativa dos objetivos do estudo, indicava o tempo estimado para a conclusão do questionário e garantia a confidencialidade para diminuir a relutância à participação. Após o envio do primeiro email, para aumentar a taxa de respostas foram enviados ao todo mais 6 emails lembretes (*follow-ups*) a recordar que o questionário ainda estava ativo. A mensagem de texto dos lembretes sofreu algumas alterações e foi reforçada a importância de conseguir uma taxa de respostas elevada (Anexo B). Para tentar aumentar substancialmente a taxa de respostas, a mensagem de texto do último lembrete (Anexo C) indicava a data limite de participação.

Os resultados do processo de envio e acompanhamento do questionário são apresentados na tabela I.

Tabela I - Etapas de envio e acompanhamento do questionário

email de convite de participação	Período		Número de respostas		
	Data inicial	Data Final	Total	Completas	Incompletas
Primeiro envio	03/06/2019	11/06/2019	209	112	97
1º Lembrete	11/06/2019	18/06/2019	328	175	153
2º lembrete	18/06/2019	24/06/2019	407	218	189
3º lembrete	24/06/2019	01/07/2019	477	258	219
4º lembrete	01/07/2019	10/07/2019	533	291	242
5º lembrete	10/07/2019	18/07/2019	589	316	273
6º lembrete	18/07/2019	25/07/2019	833	426	407

Fonte: Elaboração própria

Durante o período em que o questionário esteve disponível, registaram-se 833 respostas correspondentes a uma taxa de resposta de 11,3% (833/7356). Ao todo foram removidas 76 empresas da base de dados o que diminuiu a dimensão da amostra para 7280, o que perfaz uma taxa de resposta efetiva de 11,4% (833/7280). A remoção das empresas da base de dados deveu-se a vários motivos tais como: emails retornados como inválidos (6 emails); empresa que não se enquadra na categoria de PME (5 emails); empresa que não se enquadra nas questões realizadas no questionário (4 emails); e pedido de exclusão ao abrigo do Regulamento Geral de Proteção de Dados (RGPD) (61 emails).

Das 833 respostas obtidas, 48,9% das respostas (407/833) foram excluídas por terem pelo menos uma resposta incompleta das que permitia medir as variáveis do modelo. Assim, a amostra final é de 426 empresas e a taxa de respostas efetiva final é de 5,9% (426/7280).

3.3. Definição e operacionalização das variáveis do modelo

Para medir os itens que constituem as variáveis latentes usadas neste estudo (práticas *lean manufacturing*, práticas de produção sustentável, performance operacional e performance ambiental) foram adotadas escalas já testadas na literatura. Para as práticas *lean manufacturing*, para medir cada um dos itens foi pedido aos inquiridos que indicassem, numa escala tipo Likert, o grau de implementação das práticas nas suas empresas (1 = Nenhuma implementação, 3 = Alguma implementação, 5 = Totalmente implementada). Para a performance operacional e ambiental, face ao último ano, para medir cada

um dos itens foi pedido aos inquiridos que indicassem a situação da empresa (1 = Melhoria nada significativa, 5 = Melhoria muito significativa). As escalas utilizadas para medir cada uma das variáveis latentes, bem como as fontes de onde foram adaptadas são apresentadas no Anexo D.

Práticas *Lean Manufacturing*

As práticas *lean manufacturing* são um conjunto de práticas que visam eliminar todas as formas de desperdício ao longo da cadeia de abastecimento (Inman & Green, 2018).

A variável latente Práticas *lean manufacturing* foi operacionalizada como um fator de segunda ordem, conforme Inman e Green (2018) composto por 8 fatores de primeira ordem, nomeadamente: as práticas *lean manufacturing* referentes aos fornecedores (12 itens); referentes aos Clientes (4 itens); referentes aos Sistemas de Produção (4 itens); referentes ao Fluxo de Produção Contínua (4 itens); referentes ao *Setup* dos Equipamentos (3 itens); referentes à Qualidade (5 itens); referentes ao Envolvimento dos Colaboradores (4 itens) e referentes à Manutenção dos Equipamentos (4 itens). Todos os itens utilizados para medir cada um dos fatores foram adaptados de Inman e Green (2018).

Práticas de manufatura sustentável

As práticas de produção sustentável, são práticas adotadas pelas empresas de manufatura para que possam manter as suas atividades preservando o meio ambiente e melhorar a qualidade de vida (Abdul-Rashid *et al.*, 2017).

Neste estudo as práticas de manufatura sustentável foram medidas por um conjunto de 28 itens adaptados de Abdul-Rashid *et al.* (2017) e que em função do ciclo de vida do produto, dividem-se em quatro categorias, são elas: práticas sustentáveis de desenvolvimento e *design* dos produtos, produção sustentável, gestão verde da cadeia de abastecimento e do fim de ciclo dos produtos. Os itens usados para medir as práticas sustentáveis de desenvolvimento e *design* dos produtos (9 itens) permitem determinar o comportamento do produto nas fases de produção a montante através da decisão dos materiais a serem usados. Por sua vez, os itens utilizados para medir as práticas de produção sustentável (6 itens), permitem verificar em que medida é que na produção de produtos

manufaturados, são adotados processos que ajudem a reduzir o impacto negativo sobre o meio ambiente e salvaguardar a integridade física dos empregados. Para as práticas de gestão verde da cadeia de abastecimento, os itens utilizados (8) permitem verificar o comportamento ecológico ao longo de toda a cadeia de abastecimento, nomeadamente através das compras ecológicas, a utilização de embalagens ecológicas, as preocupações com a localização dos armazéns e a prática da logística reversa. Por último, os itens usados para medir as práticas sustentáveis de fim de ciclo dos produtos (5 itens) permitem verificar em que medida é feita a recuperação de peças ou materiais de produtos em fim de ciclo de vida.

Performance operacional

A performance operacional está relacionada com a capacidade das empresas de manufatura de conseguirem produzir e fornecer produtos aos seus clientes de uma forma mais eficiente (Zhu, Sarkis & Lai, 2008).

Para este estudo, a variável latente performance operacional foi operacionalizada como um fator de segunda ordem constituído por quatro fatores de primeira ordem: custo (5 itens), qualidade (4 itens), flexibilidade (4itens) e a entrega (4 itens). Os itens utilizados para medir a entrega foram adaptados de Zhang *et al.* (2012) (2 itens) e Wong, Boon-itt & Wong (2011) (2 itens), para os restantes fatores os itens foram adaptados de Laugen, Acur, Boer & Frick (2005).

Performance Ambiental

A performance ambiental está relacionada com a forma com as empresas de manufatura reduzem as emissões para a atmosfera, os resíduos líquidos e sólidos, e como conseguem reduzir a utilização de materiais perigosos (Zhu *et al.*, 2008).

Num total de 8 itens, a variável latente performance ambiental foi medida com o recurso a 6 itens adaptados de Abdul-Rashid *et al.* (2017) e 2 itens adaptados de Zhu *et al.* (2008).

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Este capítulo está dividido em duas partes. Na primeira parte são apresentados os resultados obtidos após a análise descritiva das variáveis com o recurso ao programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*). Na segunda parte, com recurso ao programa SmartPLS 3.0, são apresentados os resultados referentes à avaliação do modelo de medida e do modelo estrutural.

4.1. Caracterização da Amostra Final

Como já foi referido anteriormente a amostra final obtida foi de 426 empresas.

Em relação ao setor de atividade, das divisões da Classificação Portuguesa das Atividades Económicas (CAE – Rev. 3), apenas não se obteve nenhuma resposta de empresas da Indústria do tabaco (CAE 12) e de fabricação de coque, de produtos petrolíferos refinados e de aglomerados de combustíveis (CAE 19). O setor mais representado, com 19,5%, foi o da Fabricação de produtos metálicos, exceto máquinas e equipamentos (CAE 25) seguido da Indústria alimentar (CAE 10) e pela Indústria do vestuário (CAE 14), com 9,4% e 7,5% respetivamente.

Relativamente à nacionalidade das empresas inquiridas, apenas 9,2% dizem respeito a empresas multinacionais filiadas em Portugal e os restantes 90,8% a empresas nacionais. No que diz respeito ao número de colaboradores a trabalharem a tempo integral (tabela II), a maioria das empresas têm entre 10 e 49 trabalhadores, 63,8% em 2017 e 62,7% em 2018.

Tabela II - Número de colaboradores da amostra final

Ano	Menos de 10 pessoas	10 - 49 pessoas	50 - 249 pessoas	Mais de 250 pessoas
2017	2,3%	63,8%	30,5%	3,3%
2018	1,4%	62,7%	32,6%	3,3%

Fonte: Elaboração própria

Verificou-se que a respeito do volume de vendas (tabela III), a maioria das empresas apresenta valores inferiores a 2 milhões de euros, 44,6% em 2017 e 43,0% em 2018.

Tabela III - Volume de vendas das empresas

Ano	Menos de 2 milhões de euros	Entre 2 -10 milhões de euros	Entre 10 – 50 milhões de euros	Mais de 50 milhões de euros
2017	44,6%	38,3%	14,6%	2,6%
2018	43,0%	39,7%	14,3%	3,1%

Fonte: Elaboração própria

4.1.1. Certificação

A implementação de Sistemas de Gestão da qualidade (SGQ) assumem um papel fundamental para a competitividade das empresas, ao passo que os Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) visam proteger o meio ambiente (Santos, Mendes & Barbosa, 2011).

Os SGA assentes no ciclo PDCA, nomeadamente através da implementação da norma ISO 14001 ou do Sistema Comunitário de Eco Gestão e Auditoria (EMAS), permitem que qualquer tipo de organização alcance uma melhoria contínua da sua performance ambiental (Perotto, Canziani, Marchesi & Butelli, 2008). A ISO 14001 é o padrão mais utilizado num SGA (Souza & Alves, 2017). Em comparação com o EMAS, a ISO 14001 além de ter requisitos menos rigorosos de comunicação externa, tem desde a sua primeira versão uma validade internacional (Testa, Rizzi, Daddi, Gusmerotti, Frey & Iraldo, 2013). Em resposta à questão se as empresas tinham algum SGA, verificou-se que 33% das empresas afirmaram ter, sendo que 25,6% correspondem à ISO 14001 e 7,7% ao EMAS. Contudo, à questão se tinham implementado a norma ISO 14001, apenas 18,3% responderam ter a norma implementada com sucesso.

A ISO 9001 especifica os requisitos para a implementação de um SGQ, podendo servir de base para que as empresas alcancem um pensamento *lean* (Chiarini, 2011). Para King e Lenox (2001) a ISO 9001 poderá ser um passo importante para se alcançar o *lean manufacturing*.

Tabela IV - Estado atual face à certificação ISO 9001 e ISO 14001

Atual situação	ISO 9001	ISO14001
Não está a ser considerada a sua implementação	20,4%	35,7%
A considerar no futuro	21,1%	34,0%
A planear a sua implementação	4,5%	4,0%
Em implementação	8,7%	8,0%
Implementada com sucesso	45,3%	18,3%

Fonte: Elaboração própria

Foi obtida uma maior percentagem de empresas que têm implementada com sucesso a ISO 9001 (45,3%) do que com a ISO 14001 (18,3%). Das empresas certificadas pela ISO 9001, estas têm em média a norma implementada há 11,3 anos com um desvio padrão de 7 anos, ao passo que a ISO 14001 apresenta uma média de 7,9 anos com um desvio padrão de 5,3 anos. Estes resultados vão ao encontro dos obtidos por Santos *et al.* (2011) que indicaram que as empresas começam primeiro por implementar um SGQ, e só depois de consolidado é que implementam um SGA. Em linha com o mencionado, Massoud, Makarem, Ramadan & Nakkash (2015) referem que as empresas que têm implementada a norma ISO 9001 tendem à posteriori a adotar um SGA.

4.1.2. Caracterização dos respondentes

Como referido anteriormente, os informantes chave para responder ao questionário eram os responsáveis da produção e/ou ambiente. Dos respondentes, 10,1% identificaram-se como sendo diretor/responsável de produção, 14,8% como diretor/responsável pela qualidade e 13,8% como diretor/responsável pela qualidade e ambiente. As restantes funções exercidas pelos respondentes podem ser consultadas na tabela V.

Tabela V - Função atual exercida pelo respondente

Funções exercidas	Percentagem
Diretor e/ou Responsável pela Qualidade	14,8%
Diretor e/ou Responsável pelo Ambiente	4,2%
Diretor e/ou Responsável pela Qualidade e Ambiente	13,8%
Diretor de Produção e/ou Operações	10,1%
Gestor Ambiental	1,4%
Diretor Geral	12,7%
Administrador	18,1%
Outras	24,9%

Fonte: Elaboração própria

Em média, os respondentes trabalham na atual empresa há 12,7 anos com um desvio-padrão de 11,1 anos. A respeito do número de anos que os respondentes exercem as suas atuais funções, a média é de 9,91 anos com um desvio padrão de 8,9 anos. Relativamente ao grau de conhecimento às questões do questionário, a média das respostas foi 5,3 numa escala de 1 a 7 (1 –

Conhecimento reduzido e 7 – Conhecimento elevado), sendo que 47,9% dos respondentes respondeu ter um conhecimento elevado ao selecionar as opções 6 e 7.

4.2. Estimação do modelo

São dois os métodos mais utilizados para estimar os parâmetros de um modelo de equações estruturais (SEM – *Structural Equation Modeling*), um baseado na covariância e outro na variância (Henseler, Hubona & Ray, 2016). Para avaliar e testar o modelo conceptual do presente estudo, foi utilizado o PLS (*Partial Least Squares*) que é uma metodologia baseada na variância, sendo que para isso foi utilizado o *software* SmartPLS 3.0. As razões que levaram à opção de utilização do PLS, foram: o fato de permitir trabalhar com variáveis que seguem distribuições não normais; e o modelo ter duas variáveis de segunda ordem (práticas *lean* e a performance operacional), sendo esta uma técnica superior quando utilizada na análise de modelos que têm fatores de segunda ordem (Chin, Marcolin & Newsted, 2003).

A análise e a interpretação do modelo de equações estruturais é feita em duas fases, em primeiro lugar a avaliação do modelo de medida e em segundo a avaliação do modelo estrutural (Hulland, 1999). O modelo de medida especifica as relações entre um construto e seus indicadores observados, e o modelo estrutural especifica as relações entre os construtos (Henseler *et al.*, 2016).

4.2.1. Modelo de medida

O modelo de medida é avaliado em termos de validade e fiabilidade. A validade é a extensão em que a escala representa o conceito pretendido, tendo sido medida através da validade de conteúdo, validade convergente e validade discriminante. A fiabilidade avalia o grau de estabilidade das respostas, e foi avaliada pela fiabilidade individual dos indicadores e pela fiabilidade de cada variável latente.

A validade de conteúdo foi assegurada pela revisão da literatura que permitiu a adoção de indicadores já testados, garantindo-se a medição adequada das variáveis latentes utilizadas.

A validade convergente pretende testar a correlação que existe entre cada medida com outras medidas do construto. De acordo com a proposta de Fornell e Larcker (1981), a validade convergente foi avaliada através da variância média extraída (AVE - *Average Variance Extracted*). A AVE mede a percentagem da variância total dos indicadores que é explicada pela variável latente, devendo ser pelo menos de 0,5 para que seja considerada como aceitável (Fornell & Larcker, 1981). A AVE foi calculada para todas as variáveis latentes e fatores de ordem superior (Ver Anexo D), tendo-se obtido um valor mínimo de 0,512 para as práticas *lean* e um valor máximo de 0,816 para as práticas de produção sustentável, o que garante a existência de validade convergente.

A validade discriminante indica a diferença entre os indicadores de um construto em relação aos indicadores dos restantes construtos (Hulland, 1999). Um dos critérios mais utilizados para avaliar a existência de validade discriminante é o proposto por Fornell e Larcker (1981). Este critério refere que a raiz quadrada da AVE de uma variável latente terá de ser maior que as correlações existentes com as restantes variáveis latentes utilizadas no modelo (Henseler *et al.*, 2016). Neste estudo, é possível verificar a existência da validade discriminante dos construtos através da matriz de correlações (Tabela VI), onde as variáveis latentes apresentam uma raiz quadrada do AVE superior à correlação desta variável latente com as restantes (valores em diagonal superiores aos demais).

Tabela VI - Matriz de correlações

Variáveis Latentes	PL	PA	PO	PGCA	PDP	PFCV	PPS
Práticas <i>Lean</i> (PL)	0.716						
Performance Ambiental (PA)	0.467	0.856					
Performance Operacional (PO)	0.622	0.660	0.845				
Práticas de gestão ambiental da cadeia de abastecimento (PGCA)	0.640	0.628	0.578	0.831			
Práticas sustentáveis de desenvolvimento e <i>design</i> dos produtos (PDP)	0.591	0.434	0.558	0.527	0.812		
Práticas de gestão ambiental de fim de ciclo de vida dos produtos (PFCV)	0.478	0.481	0.471	0.549	0.523	0.816	
Práticas de produção sustentável (PPS)	0.553	0.509	0.507	0.612	0.547	0.389	0.904

Fonte: Elaboração própria

A fiabilidade individual dos indicadores foi avaliada através dos pesos (*loadings*) de cada um dos itens da respetiva variável latente. Segundo Carmines & Zeller (1979) os pesos devem ser superiores ou iguais a 0,7. Os valores dos pesos para cada variável latente, bem como os *T-values* são apresentados no Anexo D.

A fiabilidade de cada variável latente, de acordo com a proposta de Fornell e Larcker (1979), foi medida por intermédio da medida *composite reliability* (CR) para a qual Nunnally (1978) referiu que o valor mínimo aceitável seria de 0,7 e do alpha de Cronbach que também deve ter valores superiores a 0,7. Como apresentado no Anexo D, os valores de CR e do Alpha de Cronbach são superiores a 0,7 para todos os indicadores. Além disso, todos os *loadings* são significativos para $p < 0,001$.

4.2.2. Modelo Estrutural

A avaliação do modelo estrutural foi feita através variância explicada (R^2) das variáveis endógenas, da intensidade e significância dos coeficientes (β). Foi usado o método não paramétrico de *bootstrapping* para avaliar a estabilidade e a precisão das estimativas (Chin, 1998).

Para entender quanto é que cada variável endógena é explicada pelo modelo, foi utilizada a variância explicada (R^2) que segundo Falk e Miller (1992) deve ser igual ou superior a 10%. Os valores de R^2 de 25% são fracos, 50% são médios e 75% são substanciais (Hair, Hult, Ringle & Sarstedt, 2013). Os valores obtidos de R^2 para as variáveis endógenas, foram de 44,3% para a performance ambiental e de 58,4% para a performance operacional. Desta forma, pode-se afirmar que a variância explicada da performance ambiental é 44,3% e que a variância explicada para a performance operacional é de 58,4%, sendo uma variância explicada fraca e média (Hair *et al.*, 2013), respetivamente. De referir ainda que os valores obtidos de R^2 foram superiores a 10% como sugerido por Falk e Miller (1992).

Para avaliar a significância estatística dos coeficientes estruturais (β) e dos pesos (*loadings*), foi utilizado o método de reamostragem não paramétrico o *bootstrapping* (Chin, 1998). Para “correr” o *bootstrapping* foi adotada a sugestão de Hair, Sarstedt, Ringle & Mena (2012) ao serem usadas 5000 subamostras. Na tabela VII, além de serem apresentadas as estimativas dos parâmetros e os

valores da estatística T para cada um dos coeficientes, é igualmente possível verificar que das 11 hipóteses testadas somente 6 foram suportadas.

Tabela VII - Coeficientes estimados (β) e estatística T para as relações

Hipóteses Testadas	β	T-value	Hipótese suportada
H1: Práticas <i>Lean</i> -> Performance operacional	0,295	6,361**	Sim
H2: Práticas <i>Lean</i> -> Performance ambiental	0,014	0,240 ^{ns}	Não
H3: Práticas de desenvolvimento e <i>design</i> dos produtos -> Performance operacional	0,173	3,710**	Sim
H4: Práticas de desenvolvimento e <i>design</i> dos produtos -> Performance ambiental	0,03	0,546 ^{ns}	Não
H5: Práticas de Produção Sustentável -> Performance operacional	0,022	0,400 ^{ns}	Não
H6: Práticas de Produção Sustentável -> Performance ambiental	0,170	3,115**	Sim
H7: Práticas de gestão ambiental da cadeia de abastecimento -> Performance operacional	0,007	0,129 ^{ns}	Não
H8: Práticas de gestão ambiental da cadeia de abastecimento -> Performance ambiental	0,407	6,822**	Sim
H9: Práticas de gestão ambiental no fim de ciclo de vida dos produtos -> Performance operacional	0,026	0,578 ^{ns}	Não
H10: Práticas de gestão ambiental de fim de ciclo de vida dos produtos -> Performance ambiental	0,169	3,338**	Sim
H11: Performance ambiental -> Performance operacional	0,420	8,061**	Sim

Legenda: ns – não suportada; ** significativo para $p < 0,001$.

Fonte: Elaboração própria

A hipótese H1 estabelece uma relação positiva entre as práticas *lean* e a performance operacional. Esta hipótese foi fortemente suportada com ($\beta=0,295$; $p < 0,001$). A hipótese H2 postula uma relação positiva entre as práticas *lean* e a performance ambiental. Esta hipótese não foi suportada com ($\beta=0,014$; n.s.).

As hipóteses H3 e H4 estabelecem uma relação positiva entre o *design* ecológico e a performance operacional e ambiental, respetivamente. Apenas a hipótese H3 foi suportada com ($\beta=0,173$; $p < 0,001$). O efeito positivo do *design* ecológico na performance ambiental não se mostrou significativo ($\beta=0,03$; n.s.), logo H4 não foi suportada. De forma análoga as hipóteses H5 e H6 postulam uma relação positiva entre as práticas de produção sustentável e a performance operacional e ambiental, respetivamente. Apenas a hipótese H6 foi suportada com ($\beta=0,17$; $p < 0,001$). A hipótese H5 não foi suportada, ou seja, o efeito das práticas de produção sustentável na performance operacional não se mostrou significativo ($\beta=0,022$; n.s.). Os resultados obtidos para as práticas de gestão da cadeia de abastecimento verde são similares. Ou seja, a Hipótese H7 que postula uma

relação positiva entre as práticas de gestão da cadeia de abastecimento verde e a performance operacional não foi suportada ($\beta=0,007$; n.s.). Enquanto que, a hipótese H8 que postula uma relação positiva entre as práticas de gestão da cadeia de abastecimento verde e a performance ambiental foi fortemente suportada com ($\beta=0,407$; $p<0,001$). A relação entre as práticas sustentáveis do ciclo de vida do produto e a performance ambiental mostrou ser positiva e significativa ($\beta=0,169$; $p<0,001$), suportando assim a hipótese H10. No entanto, a hipótese H9 que postula a existência de uma relação positiva entre as práticas sustentáveis do ciclo de vida do produto e a performance operacional não foi suportada com ($\beta=0,026$; n.s.).

Por fim, a hipótese H11 estabelece uma relação positiva entre a performance ambiental e a performance operacional. Esta hipótese foi fortemente suportada com ($\beta=0,42$; $p<0,001$).

5. CONCLUSÕES

O presente estudo tinha como objetivo central investigar o efeito das práticas *lean* e *green* de manufatura na performance operacional e ambiental das PMEs.

Os resultados do estudo mostraram que as práticas *lean* têm um efeito positivo na performance operacional. Este resultado é suportado por vários estudos (e.g, Belekoukias *et al.*, 2014; Chavez *et al.*, 2013; Chavez *et al.*, 2015; Cua *et al.*, 2006; Nawanir *et al.*, 2013; Taj & Morosan, 2011). Os mesmos corroboram ainda as conclusões obtidas na revisão da literatura acerca dos efeitos das práticas *Lean* na performance desenvolvida por Negrao *et al.* (2017) onde os resultados demonstraram que a maioria dos estudos encontra uma relação positiva entre as práticas *lean* e a performance operacional. Contrariamente ao postulado, não se verificou uma relação positiva entre as práticas *lean* e a performance ambiental, confirmando a ideia de que as práticas *lean* podem entrar em conflito com a melhoria da performance ambiental (Carvalho *et al.*, 2010; King & Lenox, 2001; Martinez-Jurado & Moyano-Fuentes, 2014; Rothenberg *et al.*, 2001; Yang *et al.*, 2011).

De uma forma geral, os resultados deste estudo demonstraram que as práticas de manufatura sustentável têm um efeito positivo e significativo na performance ambiental. Este efeito apenas não se verificou para as práticas ambientais de desenvolvimento e *design* dos produtos. Contudo, os resultados obtidos demonstram a existência de um efeito positivo e significativo destas práticas na performance operacional. Este resultado é corroborado em vários estudos (e.g., Chung & Tsai, 2007; Fang & Zhang, 2018; Geng *et al.*, 2017). O facto de não se ter obtido um resultado positivo entre as práticas e a performance ambiental, pode segundo Laosirihongthong *et al.* (2013), dever-se ao facto de as empresas preferirem concentrar esforços no cumprimento da legislação e regulamentação.

As práticas de produção sustentável mostraram ter um efeito positivo e significativo na performance ambiental. Este resultado permite concluir que as empresas que implementam práticas de produção sustentável, têm processos produtivos mais “amigos do ambiente” que por sua vez permitem reduzir desperdícios conduzindo assim a uma melhor performance. Este resultado é suportado pelos estudos empíricos de Rao e Holt (2005) e de Abdul-Rashid *et al.* (2017).

De forma análoga, também as práticas de gestão ambiental da cadeia de abastecimento mostraram um efeito positivo e significativo na performance ambiental. Este resultado é suportado em estudos que avaliam o efeito na performance ambiental das compras ecológicas (Fang & Zhang, 2018; Laosirihongthong *et al.*, 2013; Petljak *et al.*, 2018; Zhu *et al.*, 2013), da logística reversa (Eltayeb *et al.*, 2011) e das embalagens ecológicas (Zailani *et al.*, 2012). O estudo de Abdul-Rashid *et al.* (2017) demonstrou também a existência de um efeito positivo das práticas de gestão ambiental da cadeia de abastecimento na performance ambiental.

Relativamente às práticas de gestão ambiental de final de ciclo de vida dos produtos, os resultados deste estudo demonstram existir um efeito positivo destas práticas na performance ambiental, estando este resultado alinhado com os resultados obtidos no estudo de Ye *et al.* (2013).

O efeito positivo da performance ambiental na performance operacional foi também um dos resultados do presente estudo. Este resultado é suportado por vários estudos (e.g., Fang & Zhang, 2018; Green *et al.*, 2012; Hanna *et al.*, 2000;

Inman & Green, 2018; Rao, 2002). Enquanto que Green *et al.* (2012) e Rao (2002) concluíram que a natureza da redução de custos da performance ambiental leva a uma melhor performance operacional, Rao (2002) associaram os seus resultados à influência dos fornecedores. Inman e Green (2018) concluíram que o efeito das práticas de gestão ambiental na performance ambiental, leva a uma melhor performance operacional.

Os resultados e conclusões do presente estudo contribuem para a gestão na medida em que demonstram que a implementação das práticas *lean* e *green* de manufatura são complementares, devendo ser implementadas em simultâneo se se pretender melhorar quer a performance operacional quer a performance ambiental. Dada a escassez de recursos que as PME's muitas vezes enfrentam, as empresas têm que optar por implementar apenas algumas práticas. Neste sentido, este estudo permite aos gestores das PME's perceber que práticas de manufatura sustentável devem ser implementadas se o objetivo principal for melhorar a sua performance ambiental. A literatura tem também mostrado que o envolvimento da gestão de topo é fundamental para o sucesso do *Lean* e do *Green*. Neste sentido, a gestão de topo deve acompanhar e ser envolvida na implementação das práticas *lean* o mais cedo possível sob o efeito dos ganhos da complementaridade das práticas *lean* e *green* poderem não ser aproveitados, e consequentemente chegar tarde ao mercado com soluções com valor para os clientes. Assim, quanto mais cedo a gestão de topo se envolver na implementação das práticas *lean*, mais competitivas serão as empresas, mais *green* serão os seus produtos.

O facto deste estudo ser transversal e não longitudinal é uma limitação. Para estudos que envolvam relações de causa-efeito, como é o caso do presente estudo, devem ser usados estudos longitudinais, inclusive por considerarem as alterações de comportamento das empresas ao longo do tempo (Malhotra & Birks, 2007). Os estudos longitudinais permitem ainda examinar a estabilidade das práticas e da performance, e a relação causa-efeito com maior detalhe (Ketokivi & Schroeder, 2004).

O facto de apenas ser utilizado um respondente por empresa é também uma limitação neste estudo, quer seja por poder originar uma perspetiva enviesada da empresa (Boyer & Pagell, 2000), ou por exigir um maior controlo em relação ao *Common method bias* (CMB) (Chang *et al.*, 2010). Apesar de

terem sido adotadas algumas medidas para evitar o CMB, tais como, a utilização de itens simples, o facto de não ser dado conhecimento aos respondentes das relações estudadas no modelo e ter sido dada garantia de confidencialidade aos respondentes, apenas se pode considerar que o mesmo foi diminuído.

O facto de se ter estudado apenas as empresas portuguesas de manufatura é outra limitação. Estudos futuros deviam incluir empresas de manufatura de outros países.

Outra limitação está associada ao enviesamento de “não respostas”. Com a obtenção de um número baixo de respostas, não é certo que a amostra utilizada seja representativa da população alvo por ser difícil prever a forma como os não respondentes iriam responder às questões colocadas (Armstrong & Overton, 1977).

Para futuros trabalhos, seria interessante considerar as seguintes sugestões:

- avaliar a performance social por via do *Triple Bottom Line*, uma vez que o setor da manufatura através das suas atividades degrada o meio ambiente afetando diretamente a vida das pessoas, mas ao mesmo tempo, segundo Moldavska e Welo (2017) gera postos de trabalho e produz produtos essenciais para que as pessoas tenham uma vida decente;
- ter em conta a maturidade das práticas implementadas que apenas poderão surtir efeito algum tempo após a sua implementação;
- realizar um estudo de caso permitiria a recolha de dados ao longo de um determinado período de tempo, ideal para estudos que estudam uma relação de causa-efeito;
- utilizar dois grupos de empresas, PME's e grandes empresas, por via da discussão que segundo Negrao *et al.* (2017) existe sobre se a dimensão da empresa tem efeito no grau de adoção de práticas *lean*;
- Nem todas as indústrias implementam práticas *lean* com a mesma intensidade (Negrao *et al.*, 2017), assim, dentro do setor da manufatura, seria interessante testar o modelo conceptual proposto para diferentes sectores da indústria;

- utilizar dois grupos de empresas, as empresas que têm uma estratégia de internacionalização e as que não a têm, uma vez que os mercados externos podem ter diferentes especificações de qualidade e ambientais;
- estudar em que medida as práticas *lean* e *green* de manufatura podem desencadear inovações sistémicas no setor da manufatura que é altamente inovador (Garza-Reyes, 2015);
- Segundo Zhu *et al.* (2008) e Zailani *et al.* (2012) as empresas certificadas pela norma ISO 14001 são mais recetivas à implementação de práticas ambientais, desta forma, poder-se-ia utilizar dois grupos de empresas, um com empresas certificadas pela ISO 14001 e outro grupo sem serem certificadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdul-Rashid, S.H., Sakundarini, N., Ghazilla, R. A. & Thurasamy, R. (2017). The impact of sustainable manufacturing practices on sustainability performance: empirical evidence from Malaysia. *International Journal of Operations & Production Management* 37(2).
- Abreu, M.F., Alves, A.C. & Moreira, F. (2017). Lean-Green models for eco-efficient and sustainable production. *Energy* 137(1), 846–853.
- Alshuwaikhat, H.M. & Abubakar, I. (2008). An Integrated Approach to Achieving Campus Sustainability: Assessment of the Current Campus Environmental Management Practices. *Journal of Cleaner Production* 16(1), 1777–1785.
- Alves, J.R.X. & Alves, J.M. (2015). Production management model integrating the principles of lean manufacturing and sustainability supported by the cultural transformation of a company. *International Journal of Production Research* 53(17), 5320–5333.
- Amelia, L., Wahab, D.A., Che Haron, C.H., Muhamad, N. & Azhari, C.H. (2009). Initiating automotive component reuse in Malaysia. *Journal of Cleaner Production* 17(17), 1572-1579.
- Armstrong, J.S. & Overton, T. S. (1977), Estimating nonresponse bias in mail surveys. *Journal of Marketing Research* 14 (3), 396-402.
- Barth, H. & Melin, M. (2018). A Green Lean approach to global competition and climate change in the agricultural sector: A Swedish case study. *Journal of Cleaner Production* 204(1), 183–192.
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J.A. & Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research* 52(18), 5346–5366.
- Bergmiller, G. & McCright, P. (2009). Parallel Models for Lean and Green Operations. *Industrial Engineering Research Conference*, 1138–1143.
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F.E. & De Sanctis, I. (2017). Lean practices implementation and their relationships with operational responsiveness and company performance: An Italian study. *International Journal of Production Research* 55(3), 769-794.
- Bortolotti, T., Boscari, S. & Danese, P. (2015). Successful Lean Implementation: Organizational Culture and Soft Lean Practices. *International Journal of Production Economics* 160(4), 182–201.
- Bortolotti, T., Danese, P. & Romano, P. (2013). Assessing the Impact of Just-in-time on Operational Performance at Varying degrees of repetitiveness. *International Journal of Production Research* 51(4), 1117–1130.
- Boyer, K. & Pagell, M. (2000). Measurement issues in empirical research: improving measures of operations strategy and advanced manufacturing technology. *Journal of Operations Management* 18(3), 361-374.

- Carmines, E.G. & Zeller, R.A. (1979). *Reliability and validity assessment: Quantitative applications in the social sciences*, 1^a Ed. Beverly Hills: Sage Publications.
- Carter C., Ellram L. & Ready K. (1998). Environmental purchasing: benchmarking our German counterparts. *International Journal of Purchasing & Materials Management* 34(4), 28–38.
- Carvalho, H., Azevedo, S.G. & Machado, V.C. (2010). Supply chain performance management: lean and green paradigms. *International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling* 2(3-4), 304-333.
- Chang, S., van Witteloostuijn, A. & Eden, L. (2010). From the editors: Common method variance in international business research. *Journal of International Business Studies* 41(1), 178-184.
- Chauhan, G. & Singh, T.P. (2012). Measuring Parameters of Lean Manufacturing realization. *Measuring Business Excellence* 16 (3), 57–71.
- Chavez, R., Gimenez, C., Fynes, B., Wiengarten, F. & Yu, W. (2013). Internal lean practices and operational performance: The contingency perspective of industry clockspeed. *International Journal of Operations & Production Management* 33(5), 562–588.
- Chavez, R., Yu, W., Jacobs, M., Fynes, B., Wiengarten, F. & Lecuna, A. (2015). Internal lean practices and performance: The role of technological turbulence. *International Journal of Production Economics* 160(1), 157–171.
- Chen, Z. & Tan, K.H. (2013). The Impact of Organization Ownership Structure on JIT Implementation and Production Operations Performance. *International Journal of Operations & Production Management* 33(9), 1202–1229.
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A. & Benhida, K. (2016). The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model. *Journal of Cleaner Production* 139(1), 828–846.
- Chiarini, A. (2011). Integrating lean thinking into ISO 9001: A first guideline. *International Journal of Lean Six Sigma* 2(2), 96–117.
- Chiarini, A. (2014). Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: An empirical observation from European motorcycle componente manufacturers. *Journal of Cleaner Production* 85(1), 226–233.
- Chin, W.W. (1998). The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modeling. In: G. A. Marcoulides (Eds.) *Modern Methods for Business Research*, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 295–336.
- Chin, W.W., Marcolin, B.L. & Newsted, P.R. (2003). A partial least square latent variable modeling approach for measuring interaction effects: Results from a Monte Carlo simulation study and Electronic Mail Emotion/Adoption Study. *Information Systems Research* 14 (2), 42-63.
- Christoffersen, L., Larsen, A. & Togeby, M. (2006). Empirical analysis of energy management in Danish industry. *Journal of Cleaner Production* 14(5), 516-526.

- Chung, Y. & Tsai, C. (2007). The Effect of Green Design Activities on New Product Strategies and Performance: An Empirical Study among High-tech Companies. *International Journal of Management* 24(2), 276–289.
- Cua, K., McKone, K. & Schroeder, R. (2006). Improving performance through an integrated manufacturing program. *The Quality Management Journal* 13(3), 45-60.
- De Brito, M.P., Flapper, S.D.P. & Dekker, R. (2002). Reverse logistics: A review of case studies. *Econometric Institute Report* 21(1), 1–32.
- Deif, A.M. (2011). A system model for green manufacturing. *Journal of Cleaner Production* 19(14), 1553–1559.
- Despeisse, M., Mbaye, F., Ball, P. & Levers, A. (2012). The emergence of sustainable manufacturing practices. *Production Planning & Control* 23(5), 354-376.
- Digalwar, K.A., Tagalpallewar, R.A. & Sunnapwar, K.V. (2013). Green manufacturing performance measures: An empirical investigation from Indian manufacturing industries. *Measuring Business Excellence* 17(4), 59–75.
- Dora, M., Kumar, M., Van Goubergen, D., Molnar, A. & Gellynck, X. (2013). Operational performance and critical success factors of lean manufacturing in european food processing SMEs. *Trends in Food Science & Technology* 31(2), 156-164.
- Duarte, S. & Cruz-Machado, V. (2013). Modelling lean and green: A review from business model. *International Journal of Lean & Six Sigma* 4 (3), 228-250.
- Dües, C.M., Tan, K.H. & Lim, M. (2013). Green as the new Lean: How to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. *Journal of Cleaner Production* 40, 93–100.
- Duflou, J., Sutherland, J., Dornfeld, D., Herrmann, C., Jeswiet, J., Kara, S., Kellens, K. (2012). Towards energy and resource efficient manufacturing: A process and systems approach. *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 61(1), 587-609.
- Eltayeb, T.K., Zailani, S. & Ramayah, T. (2011). Green supply chain initiatives among certified companies in Malaysia and environmental sustainability: Investigating the outcomes. *Resources, Conservation and Recycling* 55(5), 495–506.
- Falk, R.F. & Miller, N.B. (1992). *A Primer for Soft Modelling*. Akron, OH: University of Akron Press.
- Fang, C. & Zhang, J. (2018). Performance of green supply chain management: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Cleaner Production* 183, 1064–1081.
- Fang, K., Uhan, N., Zhao, F. & Sutherland, J. (2011). A new approach to scheduling in manufacturing for power consumption and carbon footprint reduction. *Journal of Manufacturing Systems* 30(4), 234-240.
- Fariñas, J.C., López, A. & Martín-Marcos, A. (2016). Sourcing strategies and productivity: Evidence for Spanish manufacturing firms. *Business Research Quarterly* 19(2), 90–106.

- Faulkner, W. & Badurdeen, F. (2014). Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): Methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. *Journal of Cleaner Production* 85, 8–18.
- Fercoq, A., Lamouri, S. & Carbone, V. (2016). Lean/Green integration focused on waste reduction techniques. *Journal of Cleaner Production* 137, 567–578.
- Fernández-Olmos, M., Gargallo-Castel, A. & Giner-Bagües, E. (2016). Internationalisation and performance in Spanish family SMES: The W-curve. *Business Research Quarterly* 19(2), 122–136.
- Florida, R. (1996). Lean and green: The move to environmentally conscious manufacturing. *California Management Review* 39(1), 80-105.
- Fornell, C. & Larcker, D.F. (1981). Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. *Journal of Marketing Research* 18 (1), 39-50.
- Galeazzo, A. & Furlan, A. (2017). Lean bundles and configurations: A fsQCA approach. *International Journal of Operations & Production Management* 38(2), 513–533.
- Galeazzo, A., Furlan, A. & Vinelli, A. (2014). Lean and green in action: Interdependencies and performance of pollution prevention projects. *Journal of Cleaner Production* 85, 191–200.
- Garza-Reyes, J.A. (2015). Lean and green: A systematic review of the state of the art literature. *Journal of Cleaner Production* 102, 18–29.
- Garza-Reyes, J.A., Villarreal, B., Kumar, V. & Molina Ruiz, P. (2016). Lean and green in the transport and logistics sector: A case study of simultaneous deployment. *Production Planning and Control* 27(15), 1221–1232.
- Gbededo, M.A., Liyanage, K. & Garza-Reyes, J.A. (2018). Towards a Life Cycle Sustainability Analysis: A systematic review of approaches to sustainable manufacturing. *Journal of Cleaner Production* 184(1), 1002–1015.
- Geng, R., Mansouri, S.A. & Aktas, E. (2017). The relationship between green supply chain management and performance: A meta-analysis of empirical evidences in Asian emerging economies. *International Journal of Production Economics* 183, 245–258.
- Govindan, K., Kannan, D. & Shankar, M. (2014). Evaluation of green manufacturing practices using a hybrid MCDM model combining DANP with PROMETHEE. *International Journal of Production Research* 53(21), 6344–6371.
- Green Jr, K., Zelbst, P., Meacham, J. & Bhadauria, V. (2012). Green supply chain management practices: impact on performance. *Supply Chain Management: An International Journal* 17(3), 290-305.
- Guide Jr, V.D.R., Jayaraman, V., Srivastava, R. & Benton, W.C. (2000). Supply-chain management for recoverable manufacturing systems. *Interfaces* 30(3), 125-142.
- Gülçin Büyüközkan & Gizem Çifçi (2012). Evaluation of the green supply chain management practices: a fuzzy ANP approach. *Production Planning & Control* 23(6), 405-418.

- Gupta, S. & Jain, S.K. (2013). A Literature review of Lean Manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management* 8(4), 241–249.
- Hair, J.F., Hult, G., Ringle, C. & Sarstedt, M. (2013). *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. Sage Publishing.
- Hair, J.F., Sarstedt, M., Ringle, C.M. & Mena, J.M. (2012). An assessment of the use of partial least squares structural equation modelling in marketing research. *Journal of the Academy of Marketing Science* 40 (3), 414-433.
- Hajmohammad, S., Vachon, S., Klassen, R.D. & Gavronski, I. (2013). Reprint of Lean management and supply management: Their role in green practices and performance. *Journal of Cleaner Production* 56, 86–93.
- Hallam, C. & Contreras, C. (2016). Integrating lean and green management. *Management Decision* 54(9), 2157–2187.
- Hamner, B. (2006). Effects of green purchasing strategies on supplier behaviour. In: Sarkis, J., (Eds) *Greening the supply chain*: Springer London, pp. 25-37.
- Handfield, R., Melnyk, S., Calantone, R. & Curkovic, S. (2001). Integrating environmental concerns into the design process: the gap between theory and practice. *Engineering Management* 48(2), 189-208.
- Hanna, M.D., Rocky Newman, W. & Johnson, P. (2000). Linking operational and environmental improvement through employee involvement. *International Journal of Operations & Production Management* 20(2), 148–165.
- Henseler, J., Hubona, G., & Ray, P.A. (2016). Using PLS path modeling in new technology research: updated guidelines. *Industrial Management & Data Systems* 116(1), 2-20.
- Herrmann, C., Thiede, S., Stehr, J. & Bergmann, L. (2008). An environmental perspective on Lean Production. In: Mitsuishi, M., Ueda, K. & Kimura, F., (Eds.) *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier: the 41st CIRP Conference on Manufacturing Systems*, Tokyo: Springer, pp. 83–88.
- Herrmann, C., Thiede, S., Stehr, J. & Bergmann, L. (2008). An environmental perspective on Lean Production. In: Mitsuishi, M., Ueda, K. & Kimura, F., (Eds.) *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier: the 41st CIRP Conference on Manufacturing Systems*, Tokyo: Springer, pp. 83–88.
- Hines, P. (2009). *Lean and green*. The home of lean thinking, 3^a Ed.: Sapartners.
- Hines, P., Holwe, M. & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management* 24(10), 994-1011.
- Hofer, C., Eroglu, C. & Hofer, A.R. (2012). The effect of lean production on financial performance: The mediating role of inventory leanness. *International Journal of Production Economics* 138(2), 242–253.

- Hulland, J. (1999). Use of Partial Least Squares (PLS) In Strategic Management Research: A Review of Four Recent Studies. *Strategic Management Journal* 20 (2), 195-204.
- Inman, R.A. & Green, K.W. (2018). Lean and green combine to impact environmental and operational performance. *International Journal of Production Research* 56(14), 4802-4818.
- Jabbour, C.J.C., De Sousa Jabbour, A.B.L., Govindan, K., De Freitas, T.P., Soubihia, D. F., Kannan, D. & Latan, H. (2016). Barriers to the adoption of green operational practices at Brazilian companies: Effects on green and operational performance. *International Journal of Production Research* 54(10), 3042–3058.
- Jackson, S., Gopalakrishna-Remani, V., Mishra, R. & Napier, R. (2016). Examining the impact of design for environment and the mediating effect of quality management innovation on firm performance. *International Journal of Production Economics* 173(1), 142–152.
- Jayal, A., Badurdeen, F., Dillon Jr, O. & Jawahir, I. (2010). Sustainable manufacturing: Modeling and optimization challenges at the product, process and system levels. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 2(3), 144-152.
- Jovane, F., Westkämper, E. & Williams, D. (2009). Towards Competitive Sustainable Manufacturing. In *The ManuFuture Road*. Springer Berlin Heidelberg, 31-52.
- Kannan, R. & Boie, W. (2003). Energy management practices in SME: Case study of a bakery in Germany. *Energy Conversion and Management* 44(6), 945-959.
- Ketokivi, M. & Schroeder, R. (2004). Manufacturing practices, strategic fit and performance: A routine-based view. *International Journal of Operations & Production Management* 24(2), 171-191.
- Khor, K.S. & Udin, Z.M. (2013). Reverse logistics in Malaysia: Investigating the effect of green product design and resource commitment. *Resource Conservation and Recycling* 81, 71-80.
- King, A.A., & Lenox, M.J. (2001). Lean and green? An empirical examination of the relationship between lean production and environmental performance. *Journal Production & Operations Management* 10(3), 244–256.
- Koh, S.C.L., Gunasekaran, A. & Tseng, C.S. (2012). Cross-tier ripple and indirect effects of directives WEEE and RoHS on greening a supply chain. *International Journal of Production Economics* 140(1), 305–317.
- Kumar, N., Kumar, S., Heleem, A. & Gahlot, P. (2013). Implementing Lean Manufacturing System: ISM Approach. *Journal of Industrial Engineering and Management* 6(4), 996–1012.
- Kurdve, M., Zackrisson, M., Wiktorsson, M. & Harlin, U. (2014). Lean and green integration into production system models: Experiences from Swedish industry. *Journal of Cleaner Production* 85, 180–190.

- Lambert, D. M. & Cooper, M.C. (2000). Issues in supply chain management. *Industrial Marketing Management* 29(1), 65–83.
- Laosirihongthong, T., Adebajo, D. & Choon Tan, K. (2013). Green supply chain management practices and performance. *Industrial Management & Data Systems* 113(8), 1088–1109.
- Laugen, B., Acur, N., Boer, H. & Frick, J. (2005). Best manufacturing practices. What the best-performing companies do? *International Journal of Operations & Production Management* 25(2), 131-150.
- Lieder, M. & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production* 115, 36–51.
- Liker, J.K. & Morgan, J.M. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives* 20(2), 5–20.
- Liker, J.K. (2003). *The Toyota Way*. New York: McGraw-Hill.
- Luthra, S., Garg, D. & Haleem, A. (2014). Green supply chain management: Implementation and performance: A literature review and some issues. *Journal of Advances in Management Research* 11(1), 20–46.
- Malhotra, M. & Grover, V. (1998) An assessment of survey research in POM: from constructs to Theory. *Journal of Operations Management* 16(4), 407-425.
- Malhotra, N.K. & Birks, D.F. (2007). *Marketing Research: an applied approach*, Harlow: Prentice Hall.
- Martínez-Jurado, P.J. & Moyano-Fuentes, J. (2014). Lean management, supply chain management and sustainability: A literature review. *Journal of Cleaner Production* 85, 134-150.
- Maruthi, G. & Rashmi, R. (2015). Green Manufacturing: It's Tools and Techniques that can be implemented in Manufacturing Sectors. *Materials Today: Proceedings* 2(4–5), 3350–3355.
- Massoud, M.A., Makarem, N., Ramadan, W. & Nakkash, R. (2015). Environmental Management Practices in the Lebanese Pharmaceutical Industries: Implementation Strategies and Challenges. *Environmental Monitoring and Assessment* 187(3), 1–10.
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design* 83(A6), 662–673.
- Min, H. & Galle, W. (2001). Green purchasing practices of US firms. *International Journal of Production & Operations Management* 21(9), 1222–1238.
- Moktadir, M.A., Rahman, T., Rahman, M.H., Ali, S.M. & Paul, S.K. (2018). Drivers to sustainable manufacturing practices and circular economy: A perspective of leather industries in Bangladesh. *Journal of Cleaner Production* 174, 1366–1380.

- Moldavska, A. & Welo, T. (2017). The concept of sustainable manufacturing and its definitions: A content-analysis based literature review. *Journal of Cleaner Production* 166, 744–755.
- Mollenkopf, D., Stolze, H., Tate, W. L. & Ueltschy, M. (2010). Green, lean, and global supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 40(1–2), 14–41.
- Moreira, F., Alves, A.C. & Sousa, R.M. (2010). Towards eco-efficient lean production systems. *9th IFIP WG 5.5 International Conference on Balanced Automation Systems for Future Manufacturing Networks* 322, 100–108.
- Nawanir, G., Teong, L.K. & Othman, S.N. (2013). Impact of Lean Practices on Operations Performance and Business Performance. *Journal of Manufacturing Technology Management* 24 (7), 1019–1050.
- Negrao, L.L.L., Godinho Filho, M. & Marodin, G. (2017). Lean Practices and Their Effect on Performance: A Literature Review. *Production Planning & Control* 28(1), 33–56.
- Ng, R., Low, J.S.C. & Song, B. (2015). Integrating and implementing Lean and Green practices based on proposition of Carbon-Value Efficiency metric. *Journal of Cleaner Production* 95(1), 242–255.
- Nunnally, J.C. (1978). *Psychometric theory*, 2^a Ed. New York: McGraw-Hill.
- OCDE. (2017). *Relatórios Econômicos da OCDE: Portugal*. (1st ed.). OECD Publishing.
- Ohno, T. (1988). *The Toyota Production System: Beyond large-scale production*. Portland, Oregon: Productivity Press.
- Pajunen, N., Watkins, G., Wierink, M. & Heiskanen, K. (2012). Drivers and barriers of effective industrial material use. *Minerals Engineering* 29(1), 39–46.
- Pampanelli, A.B., Found, P. & Bernardes, A.M. (2014). A Lean & Green Model for a production cell. *Journal of Cleaner Production* 85, 19–30.
- Perotto, E., Canziani, R., Marchesi, R. & Butelli, P. (2008). Environmental performance, indicators and measurement uncertainty in EMS context: a case study. *Journal of Cleaner Production* 16(1), 517–530.
- Petljak, K., Zulauf, K., Štulec, I., Seuring, S. & Wagner, R. (2018). Green supply chain management in food retailing: Survey-based evidence in Croatia. *Supply Chain Management: An International Journal* 23(1), 1–15.
- Prahinski, C. & Kocabasoglu, C. (2006). Empirical research opportunities in reverse supply chains. *Omega* 34(6), 519–532.
- Preuss, L. (2001). In dirty chains? Purchasing and greener manufacturing. *Journal of Business Ethics* 34(3-4), 345–359.
- Ramayah, T., Mohamad, O., Omar, A., Marimuthu, M. & Ai Leen, J. (2013). Green manufacturing practices and performance among SMEs: Evidence from developing nation. *Information Science*.

- Rao, P. & Holt, D. (2005). Do green supply chains lead to competitiveness and economic performance? *International Journal of Operations & Production Management* 25 (9), 898-916.
- Rao, P. (2002). Greening the supply chain: A new initiative in South East Asia. *International Journal of Operations & Production Management* 22(5-6), 632-655.
- Rebitzer, G., R., F., Hunkeler, D., Norris, G. & R., T. (2004). Review of life cycle Assessment Part 1: Framework, goal, scope definition, inventory analysis and applications. *Journal of Environment International* 30(1), 701-720.
- Rogers, D. & Tibben-Lembke, R. (2001). An examination of reverse logistics practices. *Journal of Business Logistics* 22(2), 129-48.
- Romano, P. (2002). Impact of supply chain sensitivity to quality certification on quality management practices and performances. *Total Quality Management* 13(7), 981-1000.
- Rothenberg, S., Pil, F.K. & Maxwell, J. (2001). Lean, green, and the quest for superior environmental performance. *Production and Operations Management* 10(3), 228-243.
- Russell, R.S. & Taylor, B.W. (2000). *Operations Management*, Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Santos, G., Mendes, F. & Barbosa, J. (2011). Certification and integration of management systems: the experience of Portuguese small and medium enterprises. *Journal of Cleaner Production* 19 (17-18), 1965-1974.
- Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill, A. (2009). *Research Methods for Business Students* (5th ed.), Harlow: Prentice Hall.
- Schönsleben, P. (2007). *Integral logistics management: Operations and supply chain management in comprehensive value-added networks*, 3^a Ed. New York: Auerbach Publications.
- Shah, R. & Ward, P. (2003). Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management* 21(2), 129-149.
- Shah, R. & Ward, P. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management* 25(4), 785-805.
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint*, Cambridge, MA: Productivity Press.
- Sobral, M.C., Jabbour, A.B.L.S. & Jabbour, C.J.C. (2013). Green Benefits from Adopting Lean Manufacturing: A Case Study from the Automotive Sector. *Environment Qualitative Managed* 22(3), 65-72.
- Soriano-Meier, H. & Forrester, P.L. (2002). A Model for Evaluating the degree of Leanness of Manufacturing Firms. *Integrated Manufacturing Systems* 13(2), 104-109.

- Souza, J.P.E. & Alves, J.M. (2017). Lean-integrated management system: A model for sustainability improvement. *Journal of Cleaner Production* 172(1), 2667–2682.
- Sroufe, R., Curkovic, S., Montabon, F. & Melnyk, S.A. (2000). The new product design process and design for environment. *International Journal of Operations & Production Management* 20(2), 267–291.
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y. & Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production* 42(1), 215–227.
- Taj, S. & Morosan, C. (2011). The Impact of Lean Operations on the Chinese Manufacturing Performance. *Journal of Manufacturing Technology Management* 22(2), 223–240.
- Testa, F., Rizzi, F., Daddi, T., Gusmerotti, N.M., Frey, M. & Iraldo, F. (2013). EMAS and ISO 14001: The differences in effectively improving environmental performance. *Journal of Cleaner Production* 68(1), 165–173.
- Thanki, S., Govindan, K. & Thakkar, J. (2016). An investigation on lean-green implementation practices in Indian SMEs using analytical hierarchy process (AHP) approach. *Journal of Cleaner Production* 135(1), 284–298.
- Thürer, M., Tomašević, I. & Stevenson, M. (2017). On the meaning of “Waste”: Review and definition. *Production Planning and Control* 28(3), 244–255.
- Umbach, P. (2004). Web surveys: Best practices. *New Directions for Institutional Research*, (121), 23–38.
- Verrier, B., Rose, B. & Caillaud, E. (2016). Lean and Green strategy: The Lean and Green House and maturity deployment model. *Journal of Cleaner Production* 116(1), 150–156.
- Verrier, B., Rose, B., Caillaud, E. & Remita, H. (2014). Combining organizational performance with sustainable development issues: The Lean and Green project benchmarking repository. *Journal of Cleaner Production* 85(1), 83–93.
- Vinodh, S., Kumar, S.V. & Vimal, K.E.K. (2014). Implementing lean sigma in an Indian rotary switches manufacturing organisation. *Production Planning and Control* 25(4), 288–302.
- Womack, J., Jones, D.T. & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World*, New York: Productivity Press.
- Womack, J.P. & Jones, D.T. (1996). Beyond Toyota: How to Root Out Waste and Pursue Perfection. *Harvard Business Review* 74(5), 140–158.
- Wong, C.Y., Boon-itt, S. & Wong, C.W. (2011). The contingency effects of environmental uncertainty on the relationship between supply chain integration and operational performance. *Journal of Operations Management* 29(6), 604–615.
- Yang, M.G., Hong, P. & Modi, S.B. (2011). Impact of lean manufacturing and environmental management on business performance: an empirical study of

- manufacturing firms, *International Journal of Production Economics* 129(1), 251-261.
- Ye, F., Zhao, X., Prahinski, C. & Li, Y. (2013). The impact of institutional pressures, top managers' posture and reverse logistics on performance: Evidence from China. *International Journal of Production Economics* 143(1), 132–143.
- Yuan, Z., Bi, J. & Moriguchi, Y. (2006). The circular economy: A new development strategy in China. *Journal of Industrial Ecology* 10(1-2), 4-8.
- Yusuf, Y.Y., Gunasekaran, A., Musa, A., El-Berishy, N.M., Abubakar, T. & Ambursa, H.M. (2013). The UK oil and gas supply chains: An empirical analysis of adoption of sustainable measures and performance outcomes. *International Journal of Production Economics* 146(1), 501-514.
- Zailani, S.H., Eltayeb, T.K., Hsu, C.-C. & Tan, K. (2012). The impact of external institutional drivers and internal strategy on environmental performance. *International Journal of Operations & Production Management* 32(6), 721-745.
- Zhan, Y., Tan, K.H., Ji, G. & Tseng, M.L. (2016). Sustainable Chinese manufacturing competitiveness in the 21st century: Green and lean practices, pressure and performance. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 31(6), 523–536.
- Zhang, D., Linderman, K. & Schroeder, R. (2012). The moderating role of contextual factors on quality management practices. *Journal of Operations Management* 30(1-2), 12-23.
- Zhu, Q., Sarkis, J. & Lai, K. (2013). Institutional-based antecedents and performance outcomes of internal and external green supply chain management practices. *Journal of Purchasing and Supply Management* 19(2), 106–117.
- Zhu, Q., Sarkis, J. & Lai, K. (2007). Green supply chain management: pressures, practices and performance within the Chinese automobile industry. *Journal of Cleaner Production* 15(11–12), 1041–1052.
- Zhu, Q., Sarkis, J. & Lai, K. (2008). Confirmation of a measurement model for green supply chain management practices implementation. *International Journal of Production Economics* 111(2), 261–273.

ANEXOS

Anexo A: Corpo do 1º Email

A/C do(a) Responsável pela Produção/Qualidade da empresa {FIRSTNAME}

Exmo(a) Senhor(a),

Venho solicitar a sua contribuição para um projeto de investigação realizado no âmbito do Mestrado em Gestão e Estratégia Industrial do Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade de Lisboa.

Este questionário tem como objetivo a recolha de informação referente às práticas de gestão da produção e de gestão ambiental implementadas nas PMEs Portuguesas.

O seu contributo é fundamental para o sucesso deste estudo, pelo que lhe solicito o preenchimento do inquérito ao qual poderá aceder através do seguinte endereço: {SURVEYURL}

Não existem respostas certas ou erradas, apenas a sua experiência e/ou opinião é importante. Peço-lhe que na resposta a estas questões assuma como referência a empresa ou organização onde se encontra atualmente.

Toda a informação fornecida é estritamente confidencial. Não será possível fazer a identificação individual das pessoas e empresas envolvidas no estudo e os dados recolhidos serão utilizados unicamente para fins de tratamento estatístico e apresentados de forma agregada.

O tempo estimado para o preenchimento do inquérito é de 15 a 20 minutos.

Desde já extremamente grato pela sua colaboração, coloco-me ao dispor para qualquer eventual esclarecimento, através do e-mail: joao.neto@aln.iseg.ulisboa.pt

Devido à nova Política de Proteção de Dados, caso não queira receber mais nenhum email lembrete para participar no inquérito envie um mail para joao.neto@aln.iseg.ulisboa.pt.

Atentamente,

João Neto

Aluno de Mestrado em Gestão e Estratégia Industrial

Anexo B: Corpo do Email do 1º *Follow-Up*

A/C do(a) Responsável pela Produção/ Ambiente da empresa {FIRSTNAME}

Exmo(a) Senhor(a),

Venho solicitar a sua contribuição para um projeto de investigação realizado no âmbito do Mestrado em Gestão e Estratégia Industrial do Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade de Lisboa.

Este questionário tem como objetivo a recolha de informação referente às práticas de gestão da produção e de gestão ambiental implementadas nas PMEs Portuguesas.

Caso já tenha respondido a este e-mail peço, por favor, que o ignore. Caso ainda não tenha respondido, peço-lhe que o faça, pois até ao momento o número de respostas obtidas não me permite realizar uma análise de resultados rigorosa. Assim, solicito a sua ajuda através do preenchimento do inquérito ao qual poderá aceder através do seguinte endereço: {SURVEYURL}

Não existem respostas certas ou erradas, apenas a sua experiência e/ou opinião é importante. Peço-lhe que na resposta a estas questões assuma como referência a empresa ou organização onde se encontra atualmente.

Toda a informação fornecida é estritamente confidencial. Não será possível fazer a identificação individual das pessoas e empresas envolvidas no estudo e os dados recolhidos serão utilizados unicamente para fins de tratamento estatístico e apresentados de forma agregada.

O tempo estimado para o preenchimento do inquérito é de 15 a 20 minutos.

Desde já extremamente grato pela sua colaboração, coloco-me ao dispor para qualquer eventual esclarecimento, através do e-mail: joao.neto@aln.iseg.ulisboa.pt.

Devido à nova Política de Proteção de Dados, caso não queira receber mais nenhum email lembrete para participar no inquérito envie um mail para joao.neto@aln.iseg.ulisboa.pt.

Atentamente,

João Neto

Aluno do Mestrado em Gestão e Estratégia Industrial

Anexo C: Corpo do Email do Último *Follow-Up*

A/C do(a) Responsável pela Produção/ Ambiente da empresa {FIRSTNAME}

Exmo(a) Senhor(a),

Venho solicitar pela última vez a sua contribuição para um projeto de investigação realizado no âmbito do Mestrado em Gestão e Estratégia Industrial do Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade de Lisboa.

Este questionário tem como objetivo a recolha de informação referente às práticas de gestão da produção e de gestão ambiental implementadas nas PMEs Portuguesas.

Caso já tenha respondido a este e-mail peço, por favor, que o ignore. Caso ainda não tenha respondido, peço-lhe que o faça, pois até ao momento o número de respostas obtidas não me permite realizar uma análise de resultados rigorosa. Mais informo que o questionário estará disponível até à próxima Quinta-Feira (25 de Julho) e após a referida data, este será fechado, dado que começa a ser tarde para terminar todo o estudo. Assim, solicito a sua ajuda através do preenchimento do inquérito ao qual poderá aceder através do seguinte endereço: {SURVEYURL}

Não existem respostas certas ou erradas, apenas a sua experiência e/ou opinião é importante. Peço-lhe que na resposta a estas questões assuma como referência a empresa ou organização onde se encontra atualmente.

Toda a informação fornecida é estritamente confidencial. Não será possível fazer a identificação individual das pessoas e empresas envolvidas no estudo e os dados recolhidos serão utilizados unicamente para fins de tratamento estatístico e apresentados de forma agregada.

O tempo estimado para o preenchimento do inquérito é de 15 a 20 minutos.

Desde já extremamente grato pela sua colaboração, coloco-me ao dispor para qualquer eventual esclarecimento, através do e-mail: joao.neto@aln.iseg.ulisboa.pt.

Devido à nova Política de Proteção de Dados, caso não queira receber mais nenhum email lembrete para participar no inquérito envie um mail para joao.neto@aln.iseg.ulisboa.pt.

Atentamente,

João Neto

Aluno do Mestrado em Gestão e Estratégia Industrial

Anexo D: Escalas de Medida

• **[PL] Práticas *Lean*** (AVE = 0,512 / CR = 0,893)

Fator de segunda ordem

(Escala: 1 – “Nenhuma implementação” a 5 – “Totalmente implementada”)

[PLRF] Práticas *Lean* Referentes aos Fornecedores (AVE = 0,543 / CR = 0,855/ $\alpha = 0,787$)

(Adaptado de Inman e Green, 2018)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
PLRF	Práticas <i>Lean</i> Referentes ao Fornecedores	0,657	18,376
PLRF1	A nossa empresa tem um contacto próximo e frequente com os fornecedores.	0,770	27,104
PLRF2	Damos aos nossos fornecedores feedback sobre o desempenho dos seus produtos ao nível da entrega e da qualidade	0,783	31,122
PLRF3	Esforçamo-nos para ter relações de longo prazo com os nossos fornecedores.	0,788	28,946
PLRF4	Os nossos fornecedores estão diretamente envolvidos no processo de desenvolvimento de novos produtos.	0,676	22,125
PLRF5	Os nossos principais fornecedores fazem as suas entregas com base no JIT.	*	*
PLRF6	Temos um programa formal de certificação de fornecedores.	*	*
PLRF7	Os nossos fornecedores estão contratualmente comprometidos com a redução de custo anuais.	*	*
PLRF8	Os nossos principais fornecedores estão localizados próximos das nossas instalações.	*	*
PLRF9	Temos uma comunicação ao nível corporativo sobre questões importantes com os principais fornecedores.	0,657	23,785
PLRF10	Adotamos medidas para reduzir o número de fornecedores que temos em cada categoria.	*	*
PLRF11	Os nossos principais fornecedores gerem o nosso stock.	*	*
PLRF12	Avaliamos os nossos fornecedores com base no custo total e não no preço unitário do produto.	*	*

[PLRC] Práticas *Lean* Referentes aos Clientes (AVE = 0,631 / CR = 0,872 / $\alpha = 0,805$)

(Adaptado de Inman e Green, 2018)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
PLRC	Práticas <i>Lean</i> Referentes aos Clientes	0,657	20,124
PLRC1	Estamos frequentemente em contato com os nossos clientes.	0,770	24,869
PLRC2	Recebemos feedback dos nossos clientes acerca do nosso desempenho a nível da qualidade e da entrega.	0,825	41,081
PLRC3	Os nossos clientes estão envolvidos ativamente no desenvolvimento e melhoria dos produtos atuais e futuros.	0,809	39,075
PLRC4	Os nossos clientes partilham frequentemente informações com o nosso departamento de marketing sobre as tendências atuais e futuras da procura.	0,772	36,158

[PLRSP] Práticas *Lean* Referentes aos Sistemas de Produção (AVE = 0,616 /

CR = 0,864 / α = 0,789)

(Adaptado de Inman e Green, 2018)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
PLRSP	Práticas <i>Lean</i> Referentes aos Sistemas de Produção	0,648	20,103
PLRSP1	A produção é "puxada" pelo envio de produtos acabados.	0,733	23,285
PLRSP2	A produção em cada posto de trabalho é "puxada" pela procura atual do posto de trabalho seguinte	0,848	45,075
PLRSP3	Utilizamos um sistema de produção "pull" (produção "puxada").	0,862	59,356
PLRSP4	Utilizamos um sistema Kanban com marcação de quadrados no chão da fábrica ou "contentores" para controlo da produção.	0,682	21,014

[PLRFPC] Práticas *Lean* Referentes ao Fluxo de Produção Contínua (AVE =

0,773 / CR = 0,932 / α = 0,901)

(Adaptado de Inman e Green, 2018)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
PRFPC	Práticas <i>Lean</i> Referentes ao Fluxo de Produção Contínua	0,676	22,086
PRFPC1	Os produtos com requisitos de processamento semelhantes são agrupados na mesma família de produtos.	0,906	73,203
PRFPC2	Os produtos com fluxos de produção semelhantes são agrupados na mesma família de produtos.	0,909	69,626
PRFPC3	Os equipamentos são agrupados para produzir famílias de produtos em fluxo contínuo.	0,890	59,606
PRFPC4	As famílias de produtos determinam o layout da fábrica.	0,807	32,548

[PLRSE] Práticas *Lean* Referentes ao Setup dos Equipamentos (AVE = 0,851 /

CR = 0,945 / α = 0,912)

(Adaptado de Inman e Green, 2018)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
PLRSE	Práticas <i>Lean</i> Referentes ao Setup dos Equipamentos	0,780	35,870
PLRSE1	Os nossos funcionários praticam o <i>setup</i> dos equipamentos para reduzir o tempo necessário para os mesmos.	0,920	71,140
PLRSE2	Preocupamo-nos em diminuir os tempos de <i>setup</i> na nossa fábrica.	0,933	94,207
PLRSE3	A nossa fábrica tem tempos de <i>setup</i> dos equipamentos reduzidos.	0,915	76,857

[PLRQ] Práticas *Lean* Referentes à Qualidade (AVE = 0,745 / CR = 0,936 / α =

0,914)

(Adaptado de Inman e Green, 2018)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
PLRQ	Práticas <i>Lean</i> Referentes à Qualidade	0,816	47,741
PLRQ1	Na nossa fábrica o controlo estatístico do processo é utilizado para controlar uma grande parte dos equipamentos e processos.	0,883	73,296
PLRQ2	Utilizamos várias técnicas estatísticas para reduzir a variação do processo.	0,900	86,367
PLRQ3	Na nossa fábrica são utilizadas cartas de controlo para controlar a percentagem de defeitos	0,886	70,738
PLRQ4	Utilizamos diagramas de causa- e-efeito para identificar as causas dos problemas de qualidade.	0,842	41,067
PLRQ5	A nossa empresa realiza estudos de capacidade para os produtos antes do seu lançamento.	0,800	37,531

[PLREC] Práticas *Lean* Referentes ao Envolvimento dos Colaboradores (AVE = 0,806 / CR = 0,943 / α = 0,920)

(Adaptado de Inman e Green, 2018)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
PLREC	Práticas <i>Lean</i> Referentes ao Envolvimento dos Colaboradores	0,742	28,278
PLREC1	Os nossos operadores do chão de fábrica são fundamentais para as equipas de resolução de problemas.	0,884	67,554
PLREC2	Os nossos operadores do chão de fábrica são a origem de muitos programas de sugestões.	0,919	106,085
PLREC3	Os nossos operadores do chão de fábrica lideram os esforços em melhorar os produtos/processos.	0,909	82,481
PLREC4	Os nossos operadores de chão de fábrica têm formação em diferentes funções.	0,878	65,599

[PLRME] Práticas *Lean* Refentes à Manutenção dos Equipamentos (AVE = 0,689 / CR = 0,898 / α = 0,849)

(Adaptado de Inman e Green, 2018)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
PLRME	Práticas <i>Lean</i> Refentes à Manutenção dos Equipamentos	0,730	26,729
PLRME1	Dedicamos uma parte do dia a realizar atividades relacionadas com a manutenção planeada dos equipamentos.	0,823	46,922
PLRME2	A manutenção de todos os equipamentos é efetuada com regularidade.	0,868	62,287
PLRME3	São mantidos registos de todas as atividades relacionadas com a manutenção dos equipamentos.	0,835	43,282
PLRME4	Expomos os registos de manutenção dos equipamentos no chão de fábrica para partilhar com os nossos operadores.	0,792	38,766

- **[PGA] Práticas de manufatura sustentável**

(Adaptado de Abdul-Rashid *et al.*, 2017)

(Escala: 1 – “Nenhuma implementação” a 5 – “Totalmente implementada”)

[PGADP] Práticas relacionadas com o desenvolvimento e *Design* dos**Produtos** (AVE = 0,659 / CR = 0,939 / α = 0,925)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
PGADP1	Na conceção e desenvolvimento dos nossos produtos procuramos eliminar a utilização de materiais perigosos.	0,708	23,366
PGADP2	A conceção e desenvolvimento dos nossos produtos é feita de forma a facilitar a desmontagem, a separação das peças consoante o tipo de material, e o reaproveitamento dos materiais dos mesmos.	0,839	46,582
PGADP3	A conceção e desenvolvimento dos nossos produtos é feita de forma a facilitar as reparações, o retrabalho e a remodelação dos mesmos.	0,855	48,916
PGADP4	Desenhamos os nossos produtos de modo a reduzir o consumo de materiais.	0,831	38,680
PGADP5	Desenhamos os nossos produtos de modo a reduzir o consumo de energia durante o seu ciclo de vida.	0,828	39,817
PGADP6	Utilizamos materiais amigos do ambiente (exemplo: materiais recicláveis) no <i>design</i> dos nossos produtos.	0,725	24,727
PGADP7	A conceção e desenvolvimento dos nossos produtos é feita de modo a permitir incorporar produtos obsoletos (por exemplo, leasing de produtos).	*	*
PGADP8	A conceção e desenvolvimento dos nossos produtos é feita de forma a facilitar a manutenção dos mesmos.	0,846	44,630
PGADP9	A conceção e desenvolvimento dos nossos produtos é feita de forma a prolongar o ciclo de vida dos materiais utilizados na sua produção.	0,849	44,631

[PGAII] Práticas de sustentabilidade relacionadas ao processo de produção(AVE = 0,816 / CR = 0,947 / α = 0,925)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
PGAII1	Reutilizamos materiais provenientes dos nossos processos de produção.	*	*
PGAII2	Sempre que possível reutilizamos os desperdícios criados entre as várias fases dos processos produtivos.	*	*
PGAII3	Otimizamos os processos de produção com o objetivo de reduzir o consumo de energia.	0,890	51,529
PGAII4	Otimizamos os processos de produção com o objetivo de reduzir as emissões de CO ₂ .	0,906	60,211
PGAII5	Otimizamos os processos de produção com o objetivo de reduzir o consumo de água.	0,924	88,820
PGAII6	Otimizamos os processos de produção com o objetivo de reduzir a produção de resíduos sólidos.	0,893	57,522

[PGACA] Práticas de Gestão Ambiental da Cadeia de Abastecimento (AVE = 0,691 / CR = 0,947 / α = 0,935)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
PGACA1	Gerimos a nossa cadeia de abastecimento de forma sustentável.	0,808	40,840
PGACA2	Selecionamos fornecedores com base em critérios ambientais.	0,878	60,387
PGACA3	Incentivamos os nossos fornecedores a adotarem práticas verdes.	0,903	76,297
PGACA4	Colaboramos com os fornecedores de forma a alcançarmos os nossos objetivos ambientais.	0,905	81,260
PGACA5	Damos formação aos nossos fornecedores para os ajudar a melhorar o seu desempenho ambiental.	0,741	27,519
PGACA6	Incentivamos os nossos clientes a aceitar produtos e/ou serviços amigos do ambiente.	0,861	55,306
PGACA7	A nossa seleção de transportes é feita com base na sua eficiência energética.	0,784	34,823
PGACA8	Adotamos uma logística eficiente do ponto de vista energético (por exemplo, fazemos otimização de rotas).	0,751	27,605

[PGAFCVP] Práticas de Gestão Ambiental de Fim de ciclo de vida dos Produtos (AVE = 0,666 / CR = 0,908 / α = 0,873)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
PGAFCVP1	Fornecemos serviços de manutenção e suporte aos clientes com o objetivo de prolongar o ciclo de vida útil dos produtos ou materiais.	0,719	22,546
PGAFCVP2	Realizamos o tratamento de resíduos perigosos para os produtos que foram recuperados do mercado.	0,779	29,448
PGAFCVP3	Fazemos a gestão da retoma de produtos ao abrigo de garantia.	0,862	51,310
PGAFCVP4	Fazemos a gestão dos serviços de retoma de produtos (por exemplo, recondicionamento, revenda).	0,886	68,678
PGAFCVP5	Fornecemos suporte à reciclagem ao utilizar componentes e padrões de codificação de materiais que facilitam a sua separação.	0,823	39,011

• **[PO] Performance Operacional** (AVE = 0,714 / CR = 0,909)

Fator de segunda ordem

(Escala: 1 – “Melhoria nada significativa” a 5 – “Melhoria muito significativa”)

[POC] Performance Operacional Custos (AVE = 0,740 / CR = 0,934 / α = 0,912)

(Adaptado de Laugen *et al.*, 2005)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
POC	Performance Operacional Custos	0,838	42,556
POC1	Redução dos custos de aquisição do produto	0,830	41,706

POC2	Aumento da rotação de stock.	0,826	36,315
POC3	Redução do tempo de ciclo (desde a matéria prima até à entrega).	0,891	61,730
POC4	Aumento da utilização da capacidade produtiva.	0,886	69,059
POC5	Redução dos custos de overhead.	0,867	54,796

[POE] Performance Operacional Entrega (AVE = 0,816 / CR = 0,947 / α = 0,925)

(Adaptado de Zhang *et al.*, 2011 e Wong *et al.*, 2011)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
POE	Performance Operacional Entrega	0,863	63,378
POE1	Aumento do cumprimento dos prazos de entrega.	0,915	75,910
POE2	Redução do tempo de entrega (lead time) dos produtos.	0,928	115,299
POE3	Entrega dos produtos corretos nas quantidades corretas.	0,862	40,313
POE4	Redução do tempo de processamento de encomendas.	0,907	67,140

[POF] Performance Operacional Flexibilidade (AVE = 0,777 / CR = 0,933 / α = 0,904)

(Adaptado de Laugen *et al.*, 2005)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
POF	Performance Operacional Flexibilidade	0,831	45,971
POF1	Melhoria da flexibilidade para alterar a gama de produtos.	0,872	55,531
POF2	Melhoria da flexibilidade para alterar o volume de produção.	0,889	66,004
POF3	Melhoria no tempo de introdução de novos produtos no mercado (time to market).	0,883	66,135
POF4	Melhoria da capacidade de produção customizada.	0,882	50,626

[POQ] Performance Operacional Qualidade (AVE = 0,848 / CR = 0,957 / α = 0,940)

(Adaptado de Laugen *et al.*, 2005)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
POQ	Performance Operacional Qualidade	0,848	47,158
POQ1	Melhoria da conformidade dos produtos com as especificações	0,914	81,797
POQ2	Melhoria da fiabilidade das entregas.	0,917	54,161
POQ3	Melhoria do serviço e apoio aos clientes.	0,919	67,154

POQ4	Melhoria da qualidade e da fiabilidade do produto.	0,932	91,052
------	--	-------	--------

• **[PA] Performance Ambiental** (AVE = 0,733 / CR = 0,956 / α = 0,948)

(Adaptado de Zhu *et al.*, 2008 e Abdul-Rashid *et al.*, 2017)

(Escala: 1 – “Melhoria nada significativa” a 5 – “Melhoria muito significativa”)

		<i>Loadings</i>	<i>T-value</i>
PA1	Redução das emissões de gases.	0,863	48,932
PA2	Redução da produção de desperdícios sólidos.	0,864	45,947
PA3	Redução do consumo de materiais perigosos /nocivos/ tóxicos	0,852	47,654
PA4	Redução da ocorrência de acidentes com consequências ambientais.	0,828	41,344
PA5	Redução do consumo de materiais.	0,890	65,514
PA6	Redução do consumo de energia.	0,871	57,926
PA7	Redução do desperdício de água.	0,877	52,163
PA8	Situação ambiental da empresa (cumprimento dos requisitos ambientais).	0,799	36,432

* Itens excluídos durante a purificação das escalas por apresentarem um *loading* inferior a 0,7.